BEITRÄGE

ZUR

KENNTNISS DER WASSER

AUS DEN GESCHICHTETEN GESTEINEN UNTERFRANKENS.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND EINER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

K. B. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT VON

FRIEDRICH PECHER

AUS BAYREUTH.

WÜRZBURG.

DRUCK DER STAHEL'SCHEN BUCHDRUCKEREI.

1887.

BEITRÄGE

ZUR

KENNTNISS DER WASSER

AUS DEN GESCHICHTETEN GESTEINEN UNTERFRANKENS.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND EINER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

K. B. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT VON

FRIEDRICH PECHER

AUS BAYREUTH.

WÜRZBURG.

DRUCK DER STAHEL'SCHEN BUCHDRUCKEREI.

1887.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549819_0235

Einleitung.

Welch' mächtigen Einfluss die Beschaffenheit der Wasser eines Landes auf die Gesundheit und den Wohlstand der Bevölkerung, sowie auf die Entwickelung der Industrie eines Staates ausübt, ist allgemein bekannt. — Selbstverständlich wurde deshalb eine grosse Anzahl von Untersuchungen der verschiedensten Gewässer mit Bezug auf Hygiene und Technik ausgeführt. Es sind sogar die Untersuchungsmethoden der Wasser ein eigener Zweig der chemischen Analyse geworden, über welchen sich eine ganze Litteratur verbreitet. Aber bis jetzt ist meines Wissens nur selten und in Bayern noch gar nicht versucht worden, eine Classification der Wasser nach ihren Ursprungsformationen herzustellen, wie dies in vorzüglicher Weise von *Regelmann* [1]) für Württemberg ausgeführt wurde. — Dass aber eine derartige Eintheilung der Wasser für das praktische Leben von grosser Bedeutung ist, ergibt sich leicht daraus, dass in der Technik sowohl, als in der Hygiene immer der Gehalt an Mineralbestandtheilen eines Wassers darüber entscheidet, ob es für diesen oder jenen Zweck brauchbar ist. Die chemische Zusammensetzung eines Wassers aber ist nichts anderes, als das Resultat der Anreicherung mit festen und gasförmigen Substanzen, welche dasselbe seit der Verdichtung aus der Atmosphäre während seines Laufes durch die verschiedenen Schichten der Erdrinde bis zu seinem Austritt aus denselben erfahren hat.

Da aber diese letzteren eine oft sehr ungleichartige chemische Zusammensetzung besitzen und das Wasser unter den mannigfaltigsten Bedingungen auf sie einwirkt, so zeigen die Wasser aus den verschiedenen Gesteinen natürlich auch verschiedene

[1]) C. Regelmann: Die Quellwasser Württembergs. Ein Beitrag zu ihrer Kenntniss. Stuttgart 1874.

chemische Bestandtheile. Diese sind nur dann gleich oder nahezu gleich, wenn die Wasser aus gleichen Gesteinsschichten entspringen. Demnach lässt sich, wenn eine Reihe von Wassern aus bestimmten Niveaus untersucht worden ist, schon aus den Gesteinen, aus welchen ein Wasser entspringt, auf die Brauchbarkeit für die verschiedensten Zwecke schliessen. Aber nicht nur von praktischer Bedeutung, sondern auch von hohem wissenschaftlichem Werth ist es, zu erfahren, in welchen Beziehungen die Wasser zu ihren Ursprungsgesteinen stehen, und welche Rolle sie bei den fortwährend in der Erdrinde stattfindenden Umsetzungen spielen. Deshalb wurde auch, angeregt von meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor *v. Sandberger*, nachstehende Arbeit von mir durchgeführt.

Uebersicht der geologischen Verhältnisse Unterfrankens.

Unterfranken bildet den Nordwest-Theil der grossen Mulde, welche durch die Urgebirgsmassen des ostbayerischen Grenzgebirges, des Fichtelgebirges und Thüringerwaldes einerseits und jene der NO-Ausläufer des Odenwaldes und des Spessarts andererseits gebildet wird.

In der Gegend um Aschaffenburg zeigt das Urgebirg eine sehr reichgegliederte Ausbildung. Es besteht hauptsächlich aus Gneiss und Glimmerschiefer, vergesellschaftet mit Hornblendegesteinen, körnigen Kalken und Quarzschiefern, sowie Phyllit-Gesteinen. Als erste Sedimentbildung lagert sich auf dem Urgebirge die Zechsteinformation auf, wird aber ihrerseits meist vom Buntsandstein, dem untersten Gliede der Trias, in der Weise überdeckt, dass nur am Rande des Urgebirgs ein schmaler Streifen unverhüllt zu Tage tritt. Dass sich aber die Zechsteinformation weit unter den Triasgebilden hinzieht, beweisen uns Aufschlüsse bei Orb und die tiefen Bohrungen bei Kissingen, bei welchen Zechstein aufgeschlossen wurde. Ferner beweisen das Gleiche das Wiederzutagetreten derselben Schichten am Rande des Thüringerwaldes [1]) und die von den Eruptivgesteinen der Rhön mit heraufgerissenen Brocken derselben. Ein grosser Theil der Heilquellen Unterfrankens gehört dieser älteren geschichteten For-

[1]) Gut zu übersehen ist dieser Zusammenhang auf der Geognostischen Karte von Kurhessen von *Adolph Schwarzenberg* und *Heinrich Reuss*. Cassel 1853.

mation an. Schon in der Nähe von Aschaffenburg beginnt sich, theilweise noch auf Gneiss, theilweise schon auf Zechstein, der Buntsandstein in Form der fast wasserdichten Leberschiefer aufzulagern. Darüber folgen dann zuerst weisse, dann rothe Sandsteine, welche, meist schwach nach Osten einfallend, mainaufwärts fortsetzen. In der Nähe von Wernfeld erscheint der Buntsandstein zuerst von dem Röth bedeckt. Derselbe stellt sich als ein dunkelrother, mergeliger Thon dar und bildet einen wichtigen Wasserhorizont der Trias. Auf dem Röth lagert sich demnächst der Muschelkalk auf. Dieser hat hier seine westlichste Grenze und zeigt, nachdem in Folge grossartiger Sattel- und Muldenbildung bei Karlstadt und Thüngersheim der Buntsandstein nochmals zu Tage getreten ist, zwischen letzterem Orte und Würzburg seine mächtigste Entwicklung. Als nächst jüngeres Glied der Trias erscheint auf den höchsten Punkten des Muschelkalks schon die Lettenkohlengruppe, welche nach Osten zu ihre mächtigste Entwicklung erreicht und sich fast ununterbrochen von Hildburghausen über Königshofen, Schweinfurt, Kitzingen bis nach Rothenburg o/Tauber fortzieht. Die Lettenkohlengruppe verschwindet im Osten unter den steil aufsteigenden Keuper-Bergen der Hassberge und des Steigerwaldes. Der unterste Theil des Keupers wird von lockeren dunklen Mergeln von eminenter Fruchtbarkeit und grosser Wasserhaltungsfähigkeit gebildet. In diesen Mergeln findet sich Gyps von den feinsten Aederchen an bis zu mächtigen Stöcken überall vertheilt. Nach oben nehmen im Keuper Sandsteine (Schilfsandstein, Semionotus- und Stuben-Sandstein) überhand, wechseln aber noch mehrmals mit rothen Schieferthonen und dolomitischen Kalken. Diese Wechsel bilden für den Keuper wichtige wassersammelnde Horizonte. Von Bamberg an, wo wir die Ost-Grenze Unterfrankens erreicht haben, beginnt sich dann der Lias und auf diesem der obere Jura aufzulagern. [1])

Im Norden Unterfrankens lagern sich allenthalben Gesteine jungeruptiven Ursprungs auf die Trias auf und bilden die prächtigen Basalt-, Phonolith- und Dolerit-Kuppen des Rhöngebirgs.

---

1) Für genauere Orientirung über die geologischen Verhältnisse Unterfranken's eignen sich besonders:

v. Sandberger: Die Triasformation im mittleren Maingebiete. Gemeinnützige Wochenschrift. Würzburg 1882. S. 2 ff.

v. Gümbel: Die geognostischen Verhältnisse des fränk. Triasgebiets. Bavaria Bd. IV, Heft XI. München 1865.

I. Die Quellen der Zechsteinformation.

Mehrere von den in Unterfranken aus der Zechsteinformation entspringenden Quellen sind schon seit Jahrhunderten als Heilquellen bekannt und einige, wie namentlich Kissingen, geniessen mit Recht in Folge ihrer ausgezeichneten Wirkungen bei gewissen Krankheiten einen Weltruf. — Während man bei den einen den Austritt aus der Zechsteinformation unmittelbar beobachten kann, wie bei denen, die am Rande des Urgebirges zu Tage kommen, treten die anderen, welche gegen die Mitte der Zechstein-Mulde zwischen Spessart und Thüringerwald hin liegen, aus tief hinabsetzenden Verwerfungsspalten aus und es musste ihre wahre Ursprungsstätte erst durch später noch näher zu besprechende Bohrungen klargelegt werden. Zur ersteren Categorie zählen die Quellen von Soden im Spessart, die des früher bayerischen Städtchens Orb und jene von Soden-Stolzenberg; zur letzteren Gruppe gehören die Quellen von Neuhaus bei Neustadt a/Saale und von Kissingen.

Um den Zusammenhang zwischen Quellen und Formationsschichten klar zu legen, ist es nothwendig, die Entwickelung des Zechsteins in Unterfranken etwas ausführlicher zu beschreiben. Nach *v. Gümbel* [1]) zeigt der Zechstein am Rande des Urgebirgs folgende Gliederung:

Zu unterst liegen Conglomerate und Breccien des Rothliegenden. Auf diese folgen dann rothe, oft grüne fleckige, sog. Röthelschiefer mit zwischengelagertem feinkörnigem Sandstein, nach oben hin wieder durch Conglomeratlager abgegrenzt. Diese erscheinen dann überlagert von weisslichem bis graulichem Sandstein mit Voltzia hexagona, der das ächte Weissliegende repräsentirt. Ueber dem Weissliegenden zeigt sich eine lettige, schwarze Bank mit Einsprengungen von Kupfererzen, der Kupferschiefer. Die über diesem zunächst folgenden Bänke, obwohl dolomitisch und in höheren Lagen Spatheisenstein führend, scheinen dem eigentlichen Zechstein zu entsprechen, während die obersten plattenförmigen Dolomite mit Schizodus obscurus völlig mit dem allgemein verbreiteten Plattendolomit des oberen Zechsteins übereinstimmen. Die stellenweise zwischen beiden Abtheilungen in der Tiefe in grosser Mächtigkeit eingelagerten Salzthone, Anhydrit-

[1]) *v. Gümbel:* Geologische Skizze des bayerischen Spessarts in den Deutschen Geographischen Blättern, herausgegeben von der geographischen Gesellschaft in Bremen. Bd. IV Heft I S. 5 ff.

und Gypsmassen sind nur ausnahmsweise und in geringer Mächtigkeit über Tag sichtbar. Die auf diese Abtheilung folgenden Bänke sind rothe Letten mit Salzthonen und Gypslagern, nach oben mit Sandsteinbänkchen wechselnd. Sie gehen in die Leberschiefer des unteren Buntsandsteins fast unmerklich über und es findet daher hier ein unmerkbarer Uebergang von der Zechstein- in die Triasformation statt. Es ergibt sich hiernach folgendes Gesammtprofil:

1) Rothliegendes,
2) Weissliegendes,
3) Kupferschiefer,
4) Unterer Zechstein,
5) Salzthone mit Gypslagern (Anhydrit-Gruppe des Zechsteins),
6) Platten-Dolomit (Oberster Zechstein),
7) Rothe Letten mit Gyps, Salzthonen und Sandsteinbänkchen,
8) Leberschiefer der Buntsandsteinformation.

Die Soolquellen von Soden, Orb und Soden-Stolzenberg nehmen ihren Ursprung in den mit Nr. 5 bezeichneten Salzthonen oder der Anhydritgruppe des Zechsteins.

Für die Quellen von Neuhaus und Kissingen wurde das Gleiche von *v. Sandberger* an der Hand des Bohrloch-Profils des Schönbornschachtes in Kissingen bewiesen. [1])

Dasselbe Profil ergab [2]) von 461,1 m Tiefe an abwärts:

Benennung im Bohrregister:	
5,23 m Kalkstein 4,71 „ Körniger und krystallisirter Gyps 1,19 „ Kalkstein 0,81 „ Dichter Gyps 19,64 „ Rother Schieferthon abwechselnd mit Kalk, Mergel und Gyps. (Gasquelle.)	1. Leberschiefer des unteren Buntsandsteins mit Hornkalk und Gyps.
0,92 m Es scheint dichter Kalk mit Eisenkies in Schichten anzustehen. 11,11 „ Blauschwarzer Kalk	2. Bituminöser Plattendolomit des obersten Zechsteins.
10,22 m Rother gesalzener Thon mit Gyps 10,19 „ Blauer Salzthon 0,58 „ Bräunlicher Thon mit Gyps, gesalzen 3,58 „ Salzgebirge 2,26 „ Salzgebirge mit Gyps 15,18 „ Salzgebirge mit Gyps und Anhydrit	3. Salzmergel des mittleren Zechsteins.
33,58 „ Anhydrit 0,81 „ Anhydrit mit Gyps wechselnd	4. Anhydrit.

[1]) *v. Sandberger*: Ueber die geologischen Verhältnisse der Quellen zu Kissingen. Verhandlungen der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg. Neue Folge Bd. I S. 159 ff.

2) a. a.O. S. 165.

Die Mineralbestandtheile der Kissinger und der auf ähnlichen Verwerfungslinien liegenden Quellen der Gegend von Neustadt an der Saale werden sämmtlich aus den Schichten, welche oben als Salzmergel des mittleren Zechsteins bezeichnet sind, ausgelaugt.

Alle gehören zu jener Gruppe von Soolquellen, welche schwefelsaure Salze und eine grosse Menge freier Kohlensäure enthalten.

Die nachfolgenden Analysen derselben sind von *Scherer*, *Liebig*, *Gorup-Besanez* u. A. ausgeführt und neue erscheinen daher selbstverständlich nicht nöthig. Die Werthe sind in Originalzahlen aufgeführt. Letztere wurden dann zum besseren Vergleich mit der Zusammensetzung der Ursprungsgesteine in Procentzahlen der Oxyde und Säuren umgerechnet und zwar so, dass daraus der Gesammtgehalt an festen Mineralbestandtheilen in 1 Liter, sowie deren procentische Zusammensetzung sofort zu ersehen ist.

Die Soolquelle zu Soden (Bad Sodenthal) im Spessart.

Die von Dr. *F. Moldenhauer* [1]) ausgeführte Analyse der Quelle, die unterhalb des Ortes Soden, $1^1/_2$ Stunden südöstlich von Aschaffenburg, aus dem Zechstein austritt, ergibt folgende Zahlen:

KCl	= 0,495 g	Temperatur = 10 °C.	
$NaCl$	= 14,572 „		
$CaCl_2$	= 5,140 „	Halbgebundene und freie	
$MgCl_2$	= 0,646 „	CO_2 = 0,109.	
$MgBr_2$	= 0,067 „		
$CaSO_4$	= 0,712 „	In Spuren vorhanden:	
$CaCO_3$	= 0,117 „	MgJ_2, $MnCO_3$, P_2O_5,	
$MgCO_3$	= 0,005 „	B_2O_3, NH_3 und org.	
$FeCO_3$	= 0,004 „	Substanzen.	
SiO_2	= 0,005 „		
	Sa. 21,763 g im Liter.		

Das entspricht im Liter:		In 100 Thl. Rückstand sind enthalten:	
K_2O	= 0,3118 g	K_2O	= 1,26 %
Na_2O	= 7,6701 „	Na_2O	= 31,05 „
CaO	= 2,9378 „	CaO	= 11,89 „
MgO	= 0,2908 „	MgO	= 1,17 „
FeO	= 0,0020 „	FeO	= 0,008„
MnO	= Spur	MnO	= Spur
Cl	= 12,8480 „	Cl	= 51,98 „
SO_3	= 0,4190 „	SO_3	= 1,69 „
CO_2 geb.	= 0,0570 „	CO_2 geb.	= 0,23 „
SiO_2	= 0,0050 „	SiO_2	= 0,02 „
Br	= 0,0580 „	Br	= 0.23 „
	Sa. 24,5995 g.		Sa. 99,52 %

[1]) *Moldenhauer*: Analyse zweier Salzquellen des Spessarts. Annal. Chem. Pharm. Bd. 97 S. 353 ff.

Die Soolquelle (Philippsquelle) zu Orb.

Das bis zum Jahr 1866 bayerische Städtchen Orb liegt 139.2 m über der Meeresfläche. Es ist rings von bis gegen 300 m hohen, der Buntsandsteinformation angehörigen Bergen umgeben. Unter diesen steht der Zechstein an. — Bei im Orte vorgenommenen Bohrungen stiess man bereits in der Tiefe von 20 m auf Mofetten von Kohlensäure, die beim Anbohren letztere unter starkem Geräusch ausströmen liessen. [1])

Nach Professor *v. Scherer*, [2]) welcher von den beiden Soolquellen, welche in Orb zu Tage treten, die Philippsquelle untersuchte, ergaben sich die Verhältnisse derselben wie folgt:

Die Quelle hat eine Bohrlochtiefe von etwa 60 m und springt aus einer etwa 10 cm breiten Büchse 0,5 m hoch heraus. In der Minute liefert dieselbe 15 Liter Wasser.

Das frisch geschöpfte Wasser ist vollkommen klar, entwickelt beim Stehen ziemlich viel Gasbläschen und schmeckt säuerlich-salzig. Schwefelwasserstoff oder Kohlenwasserstoffe sind nicht nachweisbar. Bei einer Lufttemperatur von 16° C hatte die unmittelbar aus dem Bohrloch kommende Soole 15° C. Lässt man das Wasser längere Zeit an der Luft stehen oder erwärmt man dasselbe, so entweicht viel Kohlensäure, die Flüssigkeit trübt sich und lässt einen reichlichen ockergelben Absatz fallen. Dieser enthält Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Spuren von Kieselsäure, Mangan, Thonerde und Strontian. Die von dem Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit enthält an Basen noch Kalk, Kali, Natron, Spuren von Lithion, an Säuren Schwefelsäure, Borsäure, sowie Chlor, Brom und Jod.

Die Zahlen der Analyse *Scherer*'s sind folgende:

1 Liter enthält:				
	$NaCl$	= 17,783	g	
	$MgCl_2$	= 1,127	„	
	K_2SO_4	= 0,448	„	
	Na_2SO_4	= 0,228	„	
	$CaSO_4$	= 1,337	„	Halbgebundene und
	$CaCO_3$	= 1,641	„	freie CO_2 = 3,6174 g
	$FeCO_3$	= 0,053	„	
	$MgCO_3$	= 0,017	„	
	SiO_2	= 0,015	„	
	$MgBr_2$	= 0,0044	„	
		Sa 22,6534	g.	

Temperatur: 15,5° C. In Spuren vorhanden: SrO, B_2O_3, NH_3, $MgSO_4$, MgJ_2, Al_2O_3, Li_2O.

[1]) *v. Scherer*: Untersuchung des in der Soolbadanstalt in Orb verwendeten Wassers der Philippsquelle daselbst. Verhandlungen der physik.-med. Gesellsch. zu Würzburg V. Bd. 1855 S. 333.

[2]) Ebenda S. 334 ff.

Dies entspricht im Liter:		In 100 Thl. Rückstand sind enthalten:	
K_2O	= 0,2419 g	K_2O	= 0,95 %
Na_2O	= 9,5243 „	Na_2O	= 37,70 „
CaO	= 1,4684 „	CaO	= 5,81 „
MgO	= 0,4823 „	MgO	= 1,90 „
FeO	= 0,0328 „	FeO	= 0,12 „
MnO	= Spur	MnO	= Spur
Cl	= 11,6382 „	Cl	= 46,07 „
SO_3	= 1,1222 „	SO_3	= 4,44 „
CO_2 geb.	= 0,7322 „	CO_2 geb.	= 2,89 „
SiO_2	= 0,0150 „	SiO_2	= 0,06 „
Br	= 0,0038 „	Br	= 0,01 „
J	= Spur	J	= Spuren
	Sa. 25,2611 g.		Sa. 99,95 %

Die Quellen zu Soden-Stolzenberg

bei Saalmünster im hessischen Kinzigthal.

Die nachstehenden Analysen obiger Soolquellen sind von *v. Bunsen* und *Will* ausgeführt. Die Zahlen sind einem Prospekt der Badeverwaltung entnommen. Die beiden Quellen, die Barbarossaquelle, welche von *Will* analysirt wurde, und die Huttenquelle, untersucht von *v. Bunsen*, liegen sehr nahe bei Orb und treten unter gleichen geologischen Verhältnissen auf.

Es enthält 1 Liter der

Barbarossaquelle (Will)		Huttenquelle (Bunsen)	
KCl	= 1,8769 g	KCl	= 1,4171 g
$NaCl$	= 15,6571 „	$NaCl$	= 14,6399 „
$LiCl$	= Spur	$LiCl$	= Spur
$MgCl_2$	= 0,7028 „	$CaCl_2$	= 0,3917 „
$CaSO_4$	= 1,2592 „	$MgCl_2$	= 0,5797 „
$MgSO_4$	= 0,0166 „	$CaSO_4$	= 1,1987 „
$CaCO_3$	= 1,2105 „	$CaCO_3$	= 0,7375 „
$MgCO_3$	= 0,3411 „	$MgCO_3$	= 0,3740 „
$FeCO_3$	= 0,0218 „	$FeCO_3$	= 0,0166 „
$MnCO_3$	= Spur	$MnCO_3$	= Spur
SiO_2	= 0,0329 „	SiO_2	= 0,0295 „
	Sa. 21,1189 g.		Sa. 19,3847 g.
Freie und halbgebundene CO_2 = 1,1631 g. Spuren von P_2O_5, Al_2O_3, J, Br.		Freie u. halbgebundene CO_2 = 0,9646 g. Spuren von P_2O_5, Al_2O_3, J, Br.	

Das entspricht in 1 Liter

Barbarossaquelle			Huttenquelle		
K_2O	=	1,1824 g	K_2O	=	0,8927 g
Na_2O	=	8,2982 „	Na_2O	=	7,7591 „
CaO	=	1,1962 „	CaO	=	1,0931 „
MgO	=	0,4627 „	MgO	=	0,4105 „
FeO	=	0,0135 „	FeO	=	0,0102 „
MnO	=	Spur	MnO	=	Spur
Cl	=	10,9169 „	Cl	=	10,4297 „
SO_3	=	0,7519 „	SO_3	=	0,7061 „
CO_2 geb.	=	0,7198 „	CO_2 geb.	=	0,5270 „
SiO_2	=	0,0329 „	SiO_2	=	0,0295 „
Br u. J	=	Spuren	Br u. J	=	Spuren
		Sa. 23,5745 g.			Sa. 21,8588 g.

100 Theile Rückstand enthalten von der

Barbarossaquelle			Huttenquelle		
K_2O	=	4,99 %	K_2O	=	4,08 %
Na_2O	=	35,05 „	Na_2O	=	35,49 „
CaO	=	5,05 „	CaO	=	5,00 „
MgO	=	1,95 „	MgO	=	1,87 „
FeO	=	0,03 „	FeO	=	0,04 „
MnO	=	Spur	MnO	=	Spur
Cl	=	46,11 „	Cl	=	47,71 „
SO_3	=	3,17 „	SO_3	=	3,23 „
CO_2 geb.	=	2,97 „	CO_2 geb.	=	2,41 „
SiO_2	=	0,13 „	SiO_2	=	0,16 „
		Sa. 99,45 %			Sa. 99,99 %

Die Quellen zu Neuhaus bei Neustadt a. d. Saale und zu Kissingen.

Wie schon oben erwähnt, strömen die Kissinger Quellen sowohl als die von Neuhaus aus Verwerfungsspalten zwischen Buntsandstein und Wellenkalk aus. Die geologischen Verhältnisse derselben wurden von *v. Gümbel* und *v. Sandberger* einer eingehenden Untersuchung unterzogen [1]) und es ist nach dieser unzweifelhaft, dass die Quellen von Kissingen sowohl als auch die von Neuhaus ihren Ursprung aus der Zechsteinformation nehmen. — Die eine Verwerfungsspalte bezeichnet eine Linie, welche von der Bodenlaube nach dem Klaushof in der Richtung

1) *v. Gümbel*: Bavaria Bd. IV. 1865. Geol. Rundschau von Kissingen 1882.
v. Sandberger: Ueber die geologischen Verhältnisse der Quellen zu Kissingen. Verhandlungen der physik.-med. Gesellsch. zu Würzburg. Neue Folge Bd. I 159 ff.

von SSO nach NNW verläuft; auf ihr liegen die Quellen des Rakoczy-, Pandur- und Maxbrunnens. Aber auch nach SO lässt diese Verwerfungslinie sich verfolgen. Eine zweite, eben so wichtige Verwerfung, auf die ich später bei Besprechung der Quellen des Buntsandsteins und der der Anhydritgruppe der Trias zurückkommen werde, streicht rein von SO nach NW. Diese Spalte beginnt südöstlich vom Sinnberge und setzt von diesem unterhalb Hausen nach dem Walddistrict Eichenschlag hinüber, hat aber aller Wahrscheinlichkeit nach eine ungleich grössere Ausdehnung nach SO und NW, als bis jetzt angenommen wurde. Aus dieser Spalte entspringt die Schönbornquelle nebst den ihr unmittelbar benachbarten. Diese beiden Linien werden nun von einer weiteren Verwerfung, welche über Münnerstadt und Nüdlingen nach Garitz verläuft, fast rechtwinkelig durchkreuzt. Eine fernere erstreckt sich in der Richtung SW nach NO von Hausen bei Kissingen über Ebersbach nach Salz, Neuhaus und Herschfeld. Auf dieser Strecke steigen an allen oben genannten Orten und bei Gross- und Kleinbrach Quellen auf, während bei Ebersbach jetzt nur noch eine etwa $3^1/_2$ m mächtige stockförmige Ablagerung von Eisenocker sichtbar ist, der indess ganz dieselbe Zusammensetzung wie die Absätze der Kissinger Quellen zeigt, ein Beweis dafür, dass früher auch an dieser Stelle Quellen aufsprudelten. Die letzte und nördlichste dieser quellenführenden Spalten zieht von OSO nach WNW von Saal nach Hollstadt und Wechterswinkel und schneidet die vorhergehende bei Heustreu. Diese Verwerfungsspalten scheinen sich bis in den Zechstein hinab fortzusetzen und den in den Salzthonen und Zechsteindolomiten mit Mineralbestandtheilen gesättigten Lösungen den Weg nach oben zu öffnen, auf welchem sie dann durch zudringendes Süsswasser und Aufnahme von Kohlensäure die für die Kissinger Quellen so bewährte Zusammensetzung erhalten.

Die nachstehenden Analysen der Quellen von Neuhaus bei Neustadt sind von *v. Liebig* [1]) ausgeführt. Das Wasser der Quellen von Neuhaus erscheint frisch geschöpft vollkommen klar. Es schmeckt sehr stark salzig, perlt stark und zeigt eine schwach saure Reaction. Bei längerem Stehen an der Luft trübt es sich allmählig. Beim Erhitzen findet lebhafte Gasentwicklung statt und es scheidet sich ein röthlichgelb gefärbter Niederschlag

[1]) *v. Liebig*: Ann. Chem. Pharm. Bd. 98 S. 351 ff.

aus. Die vom Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit reagirt schwach alkalisch. Der Niederschlag enthält Eisenoxyd, Manganoxyd, Thonerde, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Kieselsäure und Kohlensäure. Das Filtrat enthält Kalk, Magnesia, Ammoniak, Lithion, Natron und Kali, ferner Chlor, Brom und Jod, Schwefelsäure und Borsäure.

Die Temperatur der Quellen beträgt für

Bonifaciusquelle	Marienquelle	Elisabethenquelle	Hermannsquelle
8,8° C	8,8° C	8,6° C	8,7° C

1 Liter Wasser enthält in Gramm von der

	Bonifacius-	Marien-	Elisabethen-	Hermanns-Quelle.
KCl	= 0,4490 g	0,5652 g	0,2746 g	0,3631 g
$LiCl$	= 0,0009 „	0,0009 „	0,0009 „	0,0009 „
$NaCl$	= 14,7715 „	15,9482 „	9,0219 „	12,0806 „
$CaSO_4$	= 0,8238 „	1,5195 „	0,8993 „	1,4009 „
$MgSO_4$	= 1,4099 „	0,9684 „	0,7216 „	1,0446 „
$CaCO_3$	= 1,0889 „	1,0400 „	0,9730 „	0,9827 „
$MgCO_3$	= 0,0250 „	0,4258 „	0,3078 „	0,2567 „
$FeCO_3$	= 0,0253 „	0,0085 „	0,0106 „	0,0193 „
$MnCO_3$	= Spur	Spur	Spur	Spur
SiO_2	= 0,0286 „	0,0266 „	0,0257 „	0,0356 „
	Sa. 18,6229 g	20,5031 g	12,2354 g	16,1844 g.
Freie CO_2	= 2,4212 „	2,4911 „	2,1123 „	2,1482 „

In Spuren: Br, J, B_2O_3, NH_3, P_2O_5, Al_2O_3, organ. Subst., H_2S.

Das entspricht für 1 Liter der

	Bonifacius-	Marien-	Elisabethen-	Hermanns-Quelle
K_2O	= 0,2828 g	0,3560 g	0,1729 g	0,2287 g
Na_2O	= 7,8288 „	8,4525 „	4,7816 „	6,4027 „
CaO	= 0,9484 „	1,2069 „	0,9144 „	1,1260 „
MgO	= 0,4803 „	0,5221 „	0,3858 „	0,4824 „
FeO	= 0,0156 „	0,0052 „	0,0065 „	0,0116 „
MnO	= Spur	Spur	Spur	Spur
Cl	= 9,1562 „	9,9326 „	5,5979 „	7,4936 „
SO_3	= 1,4156 „	1,5439 „	1,0108 „	1,5220 „
SiO_2	= 0,0286 „	0,0266 „	0,0257 „	0,0356 „
CO_2 geb.	= 0,5030 „	0,6841 „	0,5946 „	0,5747 „
	Sa. 20,6593 g	22,7299 g	13,4902 g	17,8773 g.

100 Theile des Rückstandes enthalten:

	Bonifacius-	Marien-	Elisabethen-	Hermanns-Quelle
K_2O	= 1,36 %	1,56 %	1,28 %	1,26 %
Na_2O	= 37,89 „	37,18 „	35,44 „	35,41 „
CaO	= 4,59 „	5,30 „	6,77 „	6,22 „
MgO	= 2,32 „	2,29 „	2,85 „	2,66 „
FeO	= 0,07 „	0,02 „	0,04 „	0,06 „
MnO	= Spur	Spur	Spur	Spur
Cl	= 44,32 „	43,69 „	41,49 „	41,45 „
SO_3	= 6,85 „	6,79 „	7,49 „	8,41 „
CO_2 geb.	= 2,43 „	3,00 „	4,40 „	3,17 „
SiO_2	= 0,13 „	0,11 „	0,19 „	0,19 „
	Sa. 99,96 %	99,94 %	99,95 %	98,83 %

Die für Unterfranken wichtigsten Quellen sind die von Kissingen. Nachstehende Untersuchungen wurden von *Gorup-Besanez* [1]) und *Liebig* [2]) ausgeführt und zwar die des Rakoczy-, Pandur- und Maxbrunnens von *Liebig* und die der öfter erwähnten Schönbornquelle von *Gorup*.

Das allgemeine Verhalten der Wasser dieser vier Quellen ist analog dem der Neuhauser und der anderen schon beschriebenen der Zechsteinformation. Das Wasser des Rakoczy-, Pandur- und Maxbrunnens, sowie des Schönbornsprudels ist, frisch aus der Quelle geschöpft, vollkommen klar. Es perlt stark und besitzt infolge seines Kohlensäuregehaltes schwach saure Reaction und einen salzigen Geschmack. Beim Stehen an der Luft trübt sich das Wasser und setzt einen gelblichen Niederschlag ab. Beim Erhitzen findet eine sehr reichliche Gasentwicklung statt und es scheidet sich ein ockerfarbener Niederschlag aus. Der Niederschlag enthält Eisenoxyd, Manganoxyd, Thonerde, Kalk, Magnesia, Fluor, Phosphorsäure, Kieselsäure und Kohlensäure. Das Filtrat enthält Kalk, Magnesia, Ammoniak, Lithion, Natron und Kali, ferner Chlor, Brom, Jod, Schwefelsäure, Salpetersäure und Borsäure.

Es enthält 1 Liter Wasser von

	Rakoczy	Pandur	Maxbrunnen	Schönborn-Sprudel
KCl	= 0,2869 g	0,2414 g	0,1455 g	— g
$NaCl$	= 5,8220 „	5,5207 „	2,2819 „	9,3985 „
$LiCl$	= 0,0200 „	0,0168 „	0,0005 „	0,0157 „
$MgCl_2$	= 0,3037 „	0,2116 „	0,0666 „	0,0256 „
$CaSO_4$	= 0,3893 „	0,3004 „	0,1381 „	0,2907 „
$MgSO_4$	= 0,5883 „	0,5977 „	0,2506 „	1,1429 „
$CaCO_3$	= 1,0609 „	1,0148 „	0,6023 „	1,4084 „
$MgCO_3$	= 0,0170 „	0,0447 „	0,0730 „	0,0724 „
$FeCO_3$	= 0,0315 „	0,0277 „	Spur „	0,0266 „
SiO_2	= 0,0129 „	0,0041 „	0,0091 „	0,0132 „
$CaHPO_4$	= 0,0056 „	0,0052 „	0,0041 „	0,0029 „
$NaBr$	= 0,0083 „	0,0070 „	—	—
$NaNO_3$	= 0,0093 „	0,0035 „	0,0852 „	—
NH_3	= 0,0009 „	0,0038 „	0,0008 „	— „
NH_4Cl	= —	—	—	0,0257 „
K_2SO_4	= —	—	—	0,4143 „
$MnCO_3$	= Spur	Spur	Spur	0,0018 „
$MgBr_2$	= —	—	—	0,0009 „
Sa.	8,5566 g	7,9994 g	3,6607 g	12,8396 g.
Freie CO_2 =	2,4335 g	2,80625 g	2,43822 g	2,325 g.
Temperatur	10,7° C	10,7° C	9,2° C	19,2° C.

In Spuren sind vorhanden: NH_3, P_2O_5, MnO, B_2O_3, Br, J, F, organische Substanzen.

[1]) *v. Gorup-Besanez:* Chem. Analyse der Schönbornquelle bei Kissingen. Braunschweig, 1878. Vieweg & Sohn.

[2]) *v. Liebig:* Untersuchung des Wassers des Rakoczy, Pandur's und Maxbrunnens zu Kissingen. Ann. Chem. Pharm. 1856. Bd. 98. S. 145 ff.

Das entspricht in 1 Liter Wasser bei

		Rakoczy	Pandur	Maxbrunnen	Schönbornspr.
K_2O	=	0,2122 g	0,1786 g	0,1098 g	0,2236 g
Na_2O	=	3,9152 „	3,7107 „	1,5644 „	4,9812 „
CaO	=	0,7575 „	0,6949 „	0,3964 „	0,9094 „
MgO	=	0,3291 „	0,2927 „	0,1133 „	0,4269 „
FeO	=	0,0196 „	0,0172 „	Spuren	0,0161 „
MnO	=	Spuren	Spuren	Spuren	0,0010 „
Cl	=	3,8994 „	3,6245 „	1,5004 „	5,7448 „
SO_3	=	0,6187 „	0,5726 „	0,2472 „	1,1245 „
CO_2 geb.	=	0,5672 „	0,4803 „	0,3025 „	0,6691 „
SiO_2	=	0,0129 „	0,0041 „	0,0091 „	0,0132 „
F	=	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
Br	=	0,0065 „	0,0055 „	Spuren	0,0079 „
P_2O_5	=	0,0026 „	0,0024 „	0,0019 „	0,0013 „
B_2O_3	=	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
N_2O_5	=	0,0059 „	0,0023 „	0,0590 „	—
Li_2O	=	0,0031 „	0,0026 „	0,0009 „	0,0045 „
NH_3	=	0,0009 „	0,0038 „	0,0008 „	0,0087 „
SrO	=	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
		Sa. 10,3508 g	9,5922 g	4,3057 g	14,1325 g.

Es enthalten 100 Theile Rückstand des Wassers:

		Rakoczy	Pandur	Maxbrunnen	Schönbornspr.
K_2O	=	2,05%	1,86%	2,55%	1,58%
Na_2O	=	37,82 „	38,69 „	36,38 „	35,26 „
CaO	=	7,31 „	7,24 „	9,21 „	6,40 „
MgO	=	3,17 „	3,05 „	2,63 „	3,02 „
FeO	=	0,27 „	0,17 „	Spur	0,11 „
MnO	=	Spur	Spur	Spur	Spur
Cl	=	37,67 „	37,80 „	34,89 „	40,67 „
SO_3	=	6,13 „	5,97 „	5,74 „	7,96 „
CO_2 geb.	=	5,48 „	5,00 „	7,00 „	4,73 „
SiO_2	=	0,12 „	0,04 „	0,21 „	0,09 „
Li_2O	=	0,02 „	0,02 „	Spur	0,02 „
Br	=	0,06 „	0,05 „	Spur	0,05 „
P_2O_5	=	0,02 „	0,02 „	0,04 „	0,01 „
N_2O_5	=	0,05 „	0,02 „	1,25 „	— „
		Sa. 100,17%	99,93%	99,90%	99,90%

Bei Vergleichung der Zahlen der auf Seite 14 u. 15 folgenden Tabelle über die procentische Zusammensetzung der gelösten Mineralbestandtheile[1]) ergibt sich der gemeinsame Ursprung aus gleichen Gesteins-Schichten sofort. Soden zeigt einen grösseren Gehalt von Calciumchlorid, während die kohlensauren und schwefelsauren Salze hinter jenen der andern Quellen stark zurückbleiben. Die Kissinger

[1]) In den Tabellen sind die nur in Spuren vorhandenen Substanzen Raummangels wegen nicht durchgehends angegeben und wird deshalb auf die jeweils vorhergehenden Analysen verwiesen.

1 Liter enthält Gramm		KCl	NaCl	K_2SO_4	$MgSO_4$	Na_2SO_4	$CaCl_2$	$MgCl_2$	$MgBr_2$
Soden im Spessart		0,4950	14,5720	—	—	—	5,1400	0,6460	0,0670
Orb	Philippsquelle	—	17,7830	0,4480	Spur	0,2280	—	1,1270	0,0044
Soden bei Saalmünster	Barbarossaquelle	1,8769	15,6571	—	0,0166	—	—	0,7028	—
	Huttenquelle	1,4171	14,6399	—	—	—	0,3917	0,5797	—
Neuhaus bei Neustadt	Bonifaciusquelle	0,4490	14,7715	—	1,4099	—	—	—	—
	Marienquelle	0,5652	15,9482	—	0,9684	—	—	—	—
	Elisabethenqu.	0,2746	9,0219	—	0,7216	—	—	—	—
	Hermannsquelle	0,3631	12,0806	—	1,0446	—	—	—	—
Kissingen	Schönbornspr.	—	9,3985	0,4143	1,1429	—	—	0,0256	0,0009
	Rakoczy	0,2869	5,8220	—	0,5883	—	—	0,3037	—
	Pandur	0,2414	5,5207	—	0,5977	—	—	0,2116	—
	Maxbrunnen	0,1485	2,2819	—	0,2506	—	—	0,0666	—

1 Liter enthält Gramm		K_2O	Na_2O	NH_3	CaO	MgO	FeO	MnO
Soden im Spessart		0,3118	7,6701	Spuren	2,9378	0,2908	0,0020	Spuren
Orb	Philippsquelle	0,2419	9,5243	„	1,4684	0,4823	0,0328	„
Soden bei Saalmünster	Barbarossaquelle	1,1824	8,2982	—	1,1962	0,4627	0,0135	„
	Huttenquelle	0,8927	7,7591	—	1,0931	0,4105	0,0102	„
Neuhaus bei Neustadt	Bonifaciusquelle	0,2828	7,8288	—	0,9484	0,4803	0,0156	„
	Marienquelle	0,3560	8,4525	—	1,2069	0,5221	0,0052	„
	Elisabethenqu.	0,1729	4,7816	—	0,9144	0,3858	0,0065	„
	Herrmannsquelle	0,2287	6,4027	—	1,1260	0,4824	0,0116	„
Kissingen	Schönbornspr.	0,2236	4,9812	0,0087	0,9094	0,4269	0,0164	0,0010
	Rakoczy	0,2122	3,9152	0,0009	0,7575	0,3291	0,0196	Spuren
	Pandur	0,1786	3,7107	0,0038	0,6949	0,2927	0,0172	„
	Maxbrunnen	0,1098	1,5644	0,0008	0,3964	0,1133	Spuren	„

100 Theile Rück

		K_2O	Na_2O	NH_3	CaO	MgO
Soden im Spessart		1,26	31,05	Spuren	11,89	1,17
Orb	Philippsquelle	0,95	37,70	„	5,81	1,90
Soden bei Saalmünster	Barbarossaquelle	4,99	35,05	„	5,05	1,95
	Huttenquelle	4,08	35,49	„	5,00	1,87
Neuhaus bei Neustadt	Bonifaciusquelle	1,36	37,89	„	4,59	2,32
	Marienquelle	1,56	37,18	„	5,30	2,29
	Elisabethenqu.	1,28	35,44	„	6,77	2,85
	Herrmannsquelle	1,26	35,41	„	6,22	2,66
Kissingen	Schönbornspr.	1,58	35,26	„	6,40	3,02
	Rakoczy	2,05	37,82	„	7,31	3,17
	Pandur	1,86	38,69	„	7,24	3,05
	Maxbrunnen	2,55	36,38	„	9,21	2,63

$CaCO_3$	Mg CO_3	$FeCO_3$	$CaSO_4$	LiCl	Na NO_3	NaBr	$(CaO)_3(P_2O_5)_2$	NH_3	SiO_2	Freie u. halbgb. CO_2	Temperatur	Summa
0,1170	0,0050	0,0040	0,7120	–	–		—	Spur	0,0050	0,1090	10,0°C	21,7630
1,6410	0,0170	0,0530	1,3370	Spur	—	—	—	„	0,0150	3,6174	15,5°C	22,6534
1,2105	0,3411	0,0218	1,2592	„	—	—	—	—	0,0329	1,1631	nicht angegeben	21,1189
0,7375	0,3740	0,0166	1,1987	„	–		—	—	0,0295	0,9646	„	19,3847
1,0889	0,0250	0,0253	0,8238	0,0009	—			—	0,0286	2,4212	8,8°C	18,6229
1,0400	0,4258	0,0085	1,5195	0,0009	—		—	—	0,0266	2,4911	8,8°C	20,5031
0,9730	0,3078	0,0106	0,8993	0,0009	—	–	—	—	0,0257	2,1123	8,6°C	12,2354
0,9827	0,2567	0,0193	1,4009	0,0009	—		—	—	0,0356	2,1482	8,7°C	16,1844
1,4084	0,0724	0,0266	0,2907	0,0157	—		0,0029	0,0087	0,0132	2,3250	19,2°C	12,8396
1,0609	0,0170	0,0315	0,3893	0,0200	0,0093	0,0083	0,0056	0,0009	0,0129	2,4335	10,7°C	8,5566
1,0148	0,0447	0,0277	0,3004	0,0168	0,0035	0,0070	0,0052	0,0038	0,0041	2,8062	10,7°C	7,9994
0,6023	0,0730	Spuren	0,1381	0,0005	0,0852	—	0,0041	0,0008	0,0091	2,4382	9,2°C	3,6607

Cl	SO_3	Gebund. CO_2	SiO_2	Br	J	F	P_2O_5	Li_2O	N_2O_5	B_2O_3	Summa
12,8480	0,4190	0,0570	0,0050	0,0580	Spuren	—	Spuren	—	—	Spuren	24,5995
11,6382	1,1222	0,7322	0,0150	0,0038	„	—	„	—	—	„	25,2611
10,9169	0,7519	0,7198	0,0329	Spuren	„	—	„	—	—	„	23,5745
10,4297	0,7061	0,5270	0,0295	„	„	—	„	—	—	„	21,8588
9,1562	1,4156	0,5030	0,0286	„	–	–	„	–	—	„	20,6593
9,9326	1,5439	0,6841	0,0266	„	„	—	„	—	—	„	22,7299
5,5979	1,0108	0,5946	0,0257	„	„	—	„	—	—	„	13,4902
7,4936	1,5220	0,5747	0,0356	„	„	—	„	—	—	„	17,8773
5,7448	1,1245	0,6691	0,0132	0,0079	„	Spuren	0,0013	0,0045	—	„	14,1325
3,8994	0,6187	0,5672	0,0129	0,0065	–	„	0,0026	0,0031	0,0059	„	10,3508
3,6245	0,5726	0,4803	0,0041	0,0055	„	„	0,0024	0,0026	0,0023	„	9,5922
1,5004	0,2472	0,3025	0,0091	Spuren	„	„	0,0019	0,0009	0,0590	„	4,3057

stand enthalten %

FeO	MnO	Cl	SO_3	Gebund. CO_2	SiO_2	Br	P_2O_5	Li_2O	N_2O_5	Summa
0,008	Spuren	51,98	1,69	0,23	0,02	0,23	Spuren	Spuren	—	99,52
0,12	„	46,07	4,44	2,89	0,06	0,01	„	„	—	99,95
0,03	„	46,11	3,17	2,97	0,13	Spuren	„	„	—	99,45
0,04	„	47,71	3,23	2,41	0,16	„	„	„	—	99,99
0,07	„	44,32	6,85	2,43	0,13	„	„	„	—	99,96
0,02	„	43,69	6,79	3,00	0,11	„	„	„	—	99,94
0,04	„	41,49	7,49	4,40	0,19	„	„	„	—	99,95
0,06	„	41,45	8,41	3,17	0,19	„	„	„	—	98,83
0,11	„	40,67	7,96	4,73	0,09	0,05	0,01	0,02	—	99,90
0,27	„	37,67	6,13	5,48	0,12	0,06	0,02	0,02	0,05	100,17
0,17	„	37,80	5,97	5,00	0,04	0,05	0,02	0,02	0,02	99,93
Spur	„	34,89	5,74	7,00	0,21	Spur	0,04	Spur	1,25	99,90

Quellen zeichnen sich von den andern dadurch aus, dass sie kohlensauren Kalk in grösserer Menge als die übrigen enthalten. Es dürfte dies daher rühren, dass in dem Zechstein des Kissinger Bohrlochs der kohlensaure Kalk die kohlensaure Magnesia bedeutend überwiegt; *v. Sandberger* gibt folgende Zusammensetzung für denselben an: $CaCO_3$ 60,20 %, $MgCO_3$ 17,22%, Thon und Bitumen 22,58% [1]).

Was den Gesammtgehalt an Chlornatrium anbetrifft, so stellt er sich bei sämmtlichen Quellen als nahezu gleich heraus. Bemerkenswerth ist die verhältnissmässig geringe Menge von Chlorkalium, was den Beweis liefert, dass die meisten Quellen nicht aus eigentlichen Mutterlaugenregionen abstammen. Nur bei Soden-Stolzenberg steigt der Gehalt von Kali etwa um 2 %, aber die anderen Zahlen stimmen mit den übrigen so gut, dass auch für diese Quellen keine andere Abkunft als aus den Salzmergeln der Anhydritgruppe des Zechsteins (No. 5 des ersten und No. 3 des zweiten Profils) angenommen werden könnte. Nach *v. Sandberger* [2]) liess sich aus einem Salzthone des Schönborn-Bohrlochs 3,5 % NaCl neben geringen Mengen von Chlorkalium auslaugen. Bei allen Soolquellen, wo später Steinsalzlager gefunden wurden, liess sich der Nachweis führen, dass dieselben ihren Kochsalz-Gehalt nicht aus Steinsalzlagern selbst, sondern aus den Schichten, welche das Salz in fein vertheiltem Zustande und mit Kali-, Kalk- und Magnesia-Salzen verbunden enthalten. [3]) Damit wäre auch die Herkunft der schwefelsauren Salze, des Gypses und des Bittersalzes erklärt. Baryumsulfat und das des Strontiums finden sich ja auch zuweilen, wenn auch selten, mit Anhydrit zusammen, dies erklärt das Vorkommen des Strontiums in den betr. Quellen. Dagegen haben die kohlensauren Salze ihren Ursprung entschieden nicht in den Salzmergeln, sondern werden aus dem Zechsteindolomit ausgelaugt. Wichtig für die Lösung der kohlensauren Erdalkalien und des Eisenoxyduls ist der Gehalt an Eisenkies in dem Platten-Dolomite (siehe Profil der Kissinger Quellen S. 5). Bekanntlich setzt sich der Eisenkies sehr leicht in schwefelsaures Eisenoxydul und freie Schwefelsäure um nach der Gleichung $FeS_2 + 7\,O + H_2O = FeSO_4 + H_2SO_4$. Die so gebildete Schwefel-

[1]) *v. Sandberger*: Geolog. Verhältnisse der Kissinger Quellen. Verhdlgn. der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg. Neue Folge Bd. I. S. 160.

[2]) *v. Sandberger*: Untersuch. über Erzgänge. Hft. I. S. 6.

[3]) *Roth*, Chem. Geologie. I. Bd. S. 443.

säure entwickelt aus dem Dolomit freie Kohlensäure und bildet Gyps und Bittersalz. Ein Theil des Gehaltes der Quellen an diesen Sulfaten wird wohl auch hievon herrühren. Unter der Einwirkung der freien Kohlensäure gehen nun Kalk und Magnesia als Bicarbonate in Lösung, während das gebildete Eisensulfat sich andererseits wieder mit Kalk- und Magnesiacarbonat in kohlensaures Eisenoxydul und in die Sulfate des Calciums und Magnesiums umsetzt. Ersteres wird durch die freie Kohlensäure ebenfalls in Lösung gebracht.

Von der Ansicht[1]), dass die namentlich in den Kissinger Quellen in grosser Menge vorhandene Kohlensäure ihren Ursprung nur der Einwirkung der aus dem Eisenkies durch Oxydation entstehenden Schwefelsäure verdankt, ist *v. Sandberger* zurückgekommen, da dies doch nicht in dem Maassstabe vor sich geht, um die grossen vorhandenen Mengen von freier Kohlensäure erklärlich finden zu lassen. Die Einwirkung von kieselsäurehaltigen Flüssigkeiten in grosser Tiefe und also bei höherer Temperatur auf die kohlensäurehaltigen Gesteine ist nach ihm z. Z. noch die wahrscheinlichste aller Deutungen für die Herkunft des kohlensauren Gases.

Von den gelösten Carbonaten ist das des Calciums am reichlichsten vorhanden, dann folgt das des Magnesiums und hierauf das des Eisens. Mangancarbonat findet sich in allen Wassern in Spuren. Dies stimmt sehr gut mit dem Verhalten der betr. Salze, da $CaCO_3$ am leichtesten, $MnCO_3$ am schwersten in kohlensäurehaltigem Wasser löslich ist. Die Löslichkeit der sonst ziemlich leicht löslichen kohlensauren Magnesia wird durch den Gehalt an Chloriden im Wasser noch erhöht.

Von den in den Quellen in geringer Menge vorhandenen Körpern, wie Lithion, Baryt, Strontian, Phosphorsäure, Borsäure, Arsenige Säure, Antimonige Säure, Bleioxyd, Kupferoxyd und Zinkoxyd, welche sich natürlich nicht im Wasser selbst nachweisen lassen, sondern in den von demselben abgesetzten Ockern, rühren Li_2O, PbO, CuO, ZnO, As_2O_3, Sb_2O_3, SnO_2 und P_2O_5 ebenfalls von dem Zechsteindolomit her, da *v. Sandberger*[2]) nachwies, dass alle diese Körper in dem betreffenden Gestein, wenn auch

1) *v. Sandberger:* Geol. Verhältn. d. Kiss. Quellen. Verhdlg. d. physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg. N. Folge Bd. I. S. 163.

2) *v. Sandberger*: Untersuchungen über Erzgänge. I. Heft. Wiesbaden 1882. S. 6.

nur in Spuren, vorkommen. Die anderen in geringen Mengen vorhandenen Bestandtheile, wie BaO, SrO, B_2O_3 und F sind Körper, welche in den Anhydrit-Gruppen aller Formationen Gyps und Anhydrit begleiten und in Ockern von Wassern aus Anhydrit-Gruppen jüngerer Formationen von Anderen und von mir für eine Quelle aus der Anhydrit-Gruppe des Muschelkalks nachgewiesen werden konnten. Dass As, Cu und Sn in den Ockern von Kissinger Quellen vorkommen, wies schon *Buchner*[1]) und *Keller*[2]) nach.

Ocker und Absätze der Quellen der Zechsteinformation.

Von Ockerbildungen wurden von mir der Untersuchung unterzogen:

1) Der Ocker, welcher am 21. Oktober 1880 vom Boden des ausgepumpten Schönborn-Schachtes, den er fast 2 cm hoch bedeckte, entnommen war. Derselbe zeigte sich z. Th. aus incrustirten Algen zusammengesetzt.
2) Der Ocker, welcher sich während vieler Jahre im Becken des runden Brunnens in Kissingen abgesetzt hatte und demselben zu derselben Zeit entnommen worden war.
3) Der Ocker, welcher sich aus schon seit langer Zeit verschwundenen Quellen bei Oberebersbach abgesetzt hat und dort eine schon oben (S. 10) erwähnte stockförmige Ablagerung von etwa $3^1/_2$ m Mächtigkeit bildet, welche seit Jahren in Schweinfurt zu Farben verarbeitet wird.

Sämmtliche drei Ocker verdanke ich der Güte des Herrn Professor *v. Sandberger*. Weitere Ocker zu erhalten, war mir zur Zeit nicht möglich.

Die chemische Analyse des auch schon von *Gorup* untersuchten Ockers von der Schönborn-Quelle, welcher eine braunrothe pulverige Masse darstellt, ergab in vorwiegender Menge Eisenoxydhydrat, $CaCO_3$, $MgCO_3$, ferner As_2O_3, Sb_2O_3, PbO, CuO, MnO, ZnO, CoO und Spuren von SrO. Das von *Keller*[3]) in den Quellabsätzen des Pandurs und Rakoczys gefundene SnO_2 konnte ich nicht entdecken. Auch *Gorup-Besanez*[4]) fand diesen

[1]) *Buchner:* Journ. f. pract. Chem. XL. S. 445.
[2]) *Bischoff:* Chem. Geologie I. Aufl. Bd. II. S. 2080.
[3]) *Bischoff:* Chem. Geologie I. Aufl. Bd. II. S. 2079 ff.
[4]) *v. Gorup-Besanez:* Chem. Analyse der Schönbornquelle b. Kissingen. Braunschw. 1871. S. 17.

Körper nicht in dem Ocker der Schönbornquelle. Dagegen gelang es mir, die Gegenwart von ZnO in dem untersuchten Absatz unzweifelhaft festzustellen, wovon meines Wissens bis jetzt Nichts bekannt war; *Gorup* gibt nur eine zweifelhafte Spur an.

Der dem Pitticit ähnliche Körper vom runden Brunnen bildet Streifen von dunkelrothbrauner Farbe und starkem Fettglanz, einer eingetrockneten Gallerte gleichend, in dem erdigen Ocker dieser Quelle. Er stimmt im Aussehen ganz mit dem auf Klüften im tertiären Kalke von Nördlingen vorkommenden Pitticit und jenem von den Freiberger Gängen überein. Seine Zusammensetzung ist aber nicht die des letzteren, da er keine Schwefelsäure enthält und daher nicht direkt als Pitticit, sondern nur als ein diesem ähnliches amorphes Eisenoxyd-Arseniat bezeichnet werden kann. Die Metalle, welche dieser Körper ausserdem enthält, sind dieselben wie in dem Ocker No. 1; nur herrscht As_2O_3 und Fe_2O_3 in ganz grossem Maassstabe vor, während die anderen Elemente, wie Sb, Pb, Cu, Mn und Ca nur in Spuren vorhanden sind.

Dagegen stimmt der Ocker Nr. 3 von Oberebersbach mit dem des Schönborn-Schachtes vollständig überein. Er wurde demnach auch von einer Quelle von gleicher Zusammensetzung abgesetzt.

Diese aus zusammengesetzten Lösungen erfolgten Niederschläge vervollständigen in erwünschter Weise die Liste der durch die Analyse in dem Wasser selbst nachgewiesenen Körper.

Kalkcarbonat fällt als Aragonit oder Kalkspath, je nachdem die Lösung heiss oder kalt, verdünnt oder concentrirt ist. Kohlensaure Magnesia findet sich selten in grösserer Menge, da das Magnesiumcarbonat bei Gegenwart von anderen Salzen, namentlich Chloriden, viel leichter löslich ist als Kalkcarbonat.[1]) Es wird demnach viel später und weiter von der Quelle entfernt abgesetzt. Ganz besonderen Antheil aber an der Bildung von Ockern, den ersten Niederschlägen an den Quellenmündungen, hat das Eisenoxydulcarbonat. Dasselbe hat das Bestreben, bei Gegenwart von Sauerstoff sich sofort zu oxydiren und Eisenoxydhydrat zu bilden. Es wird deshalb niemals Ferrocarbonat abgesetzt, sondern immer Eisenoxydhydrat. Das Manganoxydulcarbonat dagegen fällt wieder als solches, oxydirt sich aber

1) *Roth*: Chem. Geologie I. S. 51.

auch sehr rasch und in den Absätzen finden sich daher verschiedene Oxydationsstufen desselben, wie Manganoxydoxydul und Manganoxydhydrat, welche sich später noch in Manganhyperoxyd höher oxydiren können. Immer aber fällt das Eisen früher als das Mangan, nie gleichzeitig.

Mit den ersten Niederschlägen des Eisenoxydhydrats wird ferner die Phosphorsäure und die Kieselsäure ausgefällt. Erstere ist an Eisenoxyd oder Thonerde gebunden, letztere setzt sich theilweise als solche oder gebunden an Eisenoxyd, Thonerde, Kalk oder Magnesia ab[1]). Die Arsensäure ist in den Ockern an Eisenoxyd gebunden, dürfte aber im Wasser als arsensaurer Kalk gelöst sein.[2])

Mit den weiter oben genannten Carbonaten fallen aber ferner noch die des Strontiums und Baryums, letzteres jedoch häufiger als schwefelsaures Salz, d. h. Schwerspath. Ist Gyps in den Quellen enthalten, so wird dieser als solcher abgeschieden, jedoch erst, nachdem Carbonate, Phosphate und Arseniate gefallen sind. Auch Fluorverbindungen, welche ja auch in den Kissinger Quellen in Spuren vorhanden sind, fallen als Calciumfluorid. Die Elemente Cu, Pb, Co, Zn, Sb, Ni und Sn fallen als Oxyde. Kupfer und Arsen finden sich nach *Walchner* in den Eisenabsätzen so häufig, dass er Spuren davon, namentlich Arsen, in allen Brauneisensteinen und Bohnerzen der Juraformation, sowie in den Sumpferzen und Raseneisenerzen jüngeren geologischen Alters nachweisen konnte.[3])

Im Allgemeinen kann man behaupten, dass in dem Maasse, als sich die Niederschläge entfernter von der Quelle absetzen, Eisenoxyd, Kieselsäure, Phosphorsäure, Arsensäure und die schwermetallischen Oxyde, Kalk- und Magnesiacarbonat und Gyps zunehmen.[4])

Welch' ausserordentliche Menge von Mineralbestandtheilen von derartigen Quellen im Innern der Erdrinde ausgezogen und an der Oberfläche wieder abgesetzt werden, zeigt die kleine nachstehende Tabelle.

---

[1]) *Roth*: Chem. Geologie I. S. 567.
[2]) *v. Sandberger:* Unters. über Erzgänge I. Heft S. 9.
[3]) Ann. Chem. Pharm. 61. S. 206.
[4]) *Bischoff*: Chem. Geologie Bd. II. S. 2088.

weiter nach NW fortsetzt, als bis jetzt bekannt ist, und oben genannten Quellen den Austritt gestattet; nur setzt dieselbe hier nicht so tief hinab, wie bei Kissingen. Leider ist es bis jetzt nicht gelungen, die Spalte in diesem Verlaufe am Tage nachzuweisen. Sicher ist aber, wie mir von Herrn *Dr. Thürach* in München gütigst mitgetheilt wurde, dass oben erwähnte Spalte in ihrer Richtung nach SW ganz Unterfranken durchsetzt und bei Hassfurt und Wonfurt, den Main kreuzend, mächtige Quellen ausbrechen lässt. (Siehe S. 44). Aber auch hier setzt die Spalte nicht bis in den Zechstein hinab, sondern die Wasser der Quellen Hassfurts und Wonfurts gehören der Anhydritgruppe der Muschelkalkformation an.

Der Säuerling von Unterriedenberg bei Brückenau.

In nächster Nähe der Stadt Brückenau, etwa 1 Stunde thalaufwärts, entspringt direkt unterhalb des Dorfes Unterriedenberg im Thale der breiten Sinn obenerwähnte Mineralquelle, welche früher schon als kräftiger Eisensäuerling bekannt war, neuerdings aber durch ungeschickte Fassung und dadurch bedingten Zutritt von Tagwasser ausserordentlich verschlechtert worden ist.

Das Wasser ist farb- und geruchlos, schwach prickelnd und schmeckt nach Eisen. Auf Reagenspapier wirkt es nicht ein. Beim Kochen setzt es einen Ocker ab. Die Temperatur ist 10° C. Die Quelle liefert in der Sekunde 1 Liter Wasser. An festen Bestandtheilen enthält nach meiner Analyse:

1 Liter Wasser				In 100 Theilen Rückstand sind enthalten:	
KCl	= 0,00283 g	oder K_2O	= 0,00178 g	K_2O	= 0,95 %
NaCl	= 0,00547 „	Na_2O	= 0,00290 „	Na_2O	= 1,55 „
$CaSO_4$	= 0,07213 „	CaO	= 0,05780 „	CaO	= 31,04 „
$CaCO_3$	= 0,04268 „	MgO	= 0,03370 „	MgO	= 8,06 „
$MgCO_3$	= 0,07077 „	FeO	= 0,00172 „	FeO	= 0,92 „
$FeCO_3$	= 0,00275 „	Cl	= 0,00433 „	Cl	= 2,32 „
SiO_2	= 0,00870 „	SO_3	= 0,03831 „	SO_3	= 20,53 „
	Sa. 0,20533 g	SiO_2	= 0,00870 „	SiO_2	= 4,66 „
Freie u. halbgebd. CO_2	= 0,1496 g	CO_2 geb.	= 0,05729 „	CO_2 geb.	= 30,71 „
Temperatur	10° C		Sa. 0,20653 g		Sa. 100,74 g.
In Spuren:	MnO, P_2O_5				

Der Säuerling von Kothen.

Wie erwähnt, entspringt am Fusse einer mächtigen und hohen Gruppe von Basaltfelsen, Pilster genannt, im kleinen Sinn-

thal in nächster Nähe des Dorfes Kothen, ein Eisensäuerling, der sich durch ziemlich hohen Gehalt an Kohlensäure auszeichnet und dem Buntsandstein angehört. Das Wasser ist farblos, riecht sehr schwach nach Schwefelwasserstoff und hat einen prickelnden angenehmen Geschmack nach Kohlensäure und Eisen. Rothes Lackmuspapier wird von ihm schwach gebläut. Beim Kochen setzt das Wasser einen rothen Ocker ab, der aus Eisenoxyd, kohlensaurem Kalk und Spuren von Manganoxyd besteht. Die Quelle läuft sehr schwach und liefert nur 1 Liter in der Minute.

In 1 Liter Wasser fand ich:					In 100 Theilen Rückstand sind enthalten:	
KCl	= 0,00254 g	oder K_2O	= 0,00160 g		K_2O	= 1,50 %
$NaCl$	= 0,00646 „	Na_2O	= 0,00321 „		Na_2O	= 2,99 „
$CaSO_4$	= 0,00395 „	CaO	= 0,01600 „		CaO	= 14,92 „
$CaCO_3$	= 0,02509 „	MgO	= 0,00671 „		MgO	= 6,25 „
$MgCO_3$	= 0,01409 „	FeO	= 0,00450 „		FeO	= 4,66 „
$FeCO_3$	= 0,00714 „	MnO	= Spur		Cl	= 4,33 „
SiO_2	= 0,04740 „	SO_3	= 0,00205 „		SO_3	= 1,91 „
Sa.	0,10667 g.	Cl	= 0,00465 „		CO_2 geb.	= 19,67 „
Freie u. halbgeb. CO_2	= 0,34379 g.	SiO_2	= 0,04740 „		SiO_2	= 44,21 „
Spuren: Org. Subst., MnO, P_2O_5.		CO_2 geb.	= 0,02109 „		Sa.	100,44 %
Temperatur 10° C.		Sa.	0,10721 g.			

Die Quellen des Röths.

Wie bereits (S. 22) erwähnt, sammelt der Röth, die oberste Abtheilung des Buntsandsteines (VII d. Prof. S. 22), das Wasser des aufliegenden Wellenkalks. Daraus ergibt sich schon, dass das Wasser desselben an Kalk ziemlich reich sein muss. Dazu kommt aber noch, dass der Röth an und für sich neben seinem Thongehalt auch lösliche, seine Fruchtbarkeit bedingende Mineralbestandtheile enthält, welche von den Wassern ausgelaugt werden. Es ist deshalb gar nicht zu verwundern, dass die Wasser des Röths zu den härtesten gehören, welche man kennt, und eine Anzahl von Verbindungen gelöst enthalten, welche anderen Quellen fehlen. Die chemische Zusammensetzung des Röths, sowie die der Hauptwellenkalk-Bänke ist nach Analysen des Herrn Prof. *Hilger*[1]) folgende.

[1]) Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium v. Dr. *Hilger*. Würzburg b. Stuber. 1873. S. 92 u. 93.

Röht:

In HCl Lösliches 9,044 %
„ „ Unlösliches 91,956 %

Lösliches in %		Unlösliches in %	
$CaCO_3$	= 4,821	SiO_2	= 82,761
$MgCO_3$	= 0,021	CaO	= 0,016
Fe_2O_3 u. Mn_2O_3	= 1,726	MgO	= 1,246
SiO_2	= 0,024	Al_2O_3	= 4,165
$(P_2O_5)_2(CaO)_3$	= 0,775	FeO u. MnO	= 1,246
$CaSO_4$	= 0,0017	K_2O	= 2,461
K_2O	= 0,416	Na_2O	= 0,061
Na_2O	= Spuren		

Wellen-Dolomit von Thüngersheim:

Lösliches in HCl = 61,963 %
Unlösliches „ „ = 38,248 %

Lösliches in %		Unlösliches in %	
$CaCO_3$	= 30,560	SiO_2	= 26,245
$MgCO_3$	= 16,240	Al_2O_3	= 6,124
Fe_2O_3	= 15,160	K_2O	= 0,041
P_2O_5	= 0,001	Na_2O	= 0,024
K_2O	= 0,002	FeO	= 5,814
$SiO_2 + Al_2O_3$	Spuren		

Haupt-Wellenkalk von Würzburg (Neubaustrasse) 2 m unter Tag.

In HCl Lösliches 95,048 %
„ „ Unlösliches 4,913 %

Lösliches in %		Unlösliches in %	
SiO_2	= 1,726	SiO_2	= 2,712
Al_2O_3	= 1,015	Al_2O_3	= 1,134
Fe_2O_3	= 0,517	Fe_2O_3	= Spuren
CaO	= 49,697	FeO	= 0,450
MgO	= 0,505	K_2O	= 0,410
K_2O	= 0,248	Na_2O	= 0,364
Na_2O	= 0,140	CaO	= 0,331
SO_3	= 0,212		
P_2O_5	= 0,486		
Cl	= 0,076		
H_2O	= 1,386		
CO_2	= 39,020		

Nachstehende Analysen, von denen die eine von Hrn. Dr. *Langhans* in Fürth, die andere von mir ausgeführt wurde, sind

solche von Wassern aus Bohrlöchern, welche Eigenthum der Aktiengesellschaft „Brauhaus Würzburg vormals Hofbrauhaus“ sind.

Das Bohrloch Nr. I befindet sich in der ehemaligen Bauch'schen Brauerei und wurde im Jahre 1831 bis auf den Röth gestossen, während das andere Nr. II sich im Anwesen der oben genannten Gesellschaft am Wege nach Höchberg und der Zeller Waldspitze befindet und erst im Jahre 1884 ausgeführt wurde.

Die Bohrlochprofile sind folgende:

Bohrloch Nr. I im ehemal. Bauch'schen Brauhaus vom Jahre 1831.

10,50 m Sand und Kies,
43,77 „ Wellenkalk, (obere Grenze 8,26 m unter der Terebratelbank.)
4,08 „ aufgelöster Wellendolomit.
Temperatur d. W. 12,5 ° C.

Bohrloch Nr. II im Brauhaus Würzburg vom Jahre 1884 (Durchmesser 0,25 m).

87,0 m Wellenkalk, B. angesetzt in der Mitte der Schichten mit Myophoria orbicularis.
6 „ Wellendolomit.
10 „ Röth.
Temperatur d. W. 13,6 ° C.

	I. Analyse (Langhans).		II. Analyse (Pecher).	
K_2O	= 0,011	g	= 0,01619	g
Na_2O	= 0,075	„	= 0,09990	„
CaO	= 0,801	„	= 0,60430	„
MgO	= 0,124	„	= 0,08057	„
$FeO + Al_2O_3$	= 0,003	„	= 0,00040	„
SiO_2	= 0,010	„	= 0,00375	„
SO_3	= 1,305	„	= 0,69792	„
Cl	= 0,063	„	= 0,06382	„
N_2O_5	= 0,002	„	= 0,04000	„
CO_2 geb.	= 0,088	„	= 0,08360	„
NH_3	= —	„	= 0,02000	„
Org. Subst.	= 0,012	g	= 0,01425	„
	Sa. 2,494	g.	Sa. 1,72470	g.

Dies entspricht für 100 Theile Rückstand:

	I.	II.
K_2O	= 0,44	% 0,94 %
Na_2O	= 3,02	„ 5,84 „
CaO	= 32,26	„ 35,33 „
MgO	= 4,99	„ 4,71 „
FeO	= 1,20	„ 0,02 „
MnO	= Spuren	Spuren
Cl	= 2,54	„ 3,73 „
SO_3	= 52,55	„ 40,81 „
N_2O_5	= 0,08	„ 2,33 „
CO_2 geb.	= 3,54	„ 4,88 „
SiO_2	= 0,40	„ 2,19 „
P_2O_5	= Spuren	Spuren „
NH_3	= —	„ 1,16 „
	Sa. 101,02	% Sa. 101,94 %

Bemerkenswerth ist, dass es nicht gelingt, bei beiden Analysen die Oxyde und Säuren auf Salze umzurechnen. Schon *Tiemann* und *Kubel*[1]) erwähnen, dass bei dem Stande der jetzigen Wasseruntersuchungsmethoden wohl der Gehalt an mineralischen Basen und Säuren bestimmt wird, aber derjenige der organischen Basen und Säuren, welche in Wassern, die N_2O_5 und NH_3 sowie organische Substanzen enthalten, als intermediäre Produkte wohl immer vorhanden sind, nicht genau festgestellt werden kann und daher eine Umrechnung nicht gut möglich ist.

Eine ähnliche gute Uebereinstimmung wie die der Wasser der Zechsteinformation zeigen die Analysen der Quellen des Buntsandsteins (siehe Tabellen auf S. 34 und 35) nicht. Zwar lassen die Quellen des eigentlichen Buntsandsteins ihren gemeinschaftlichen Ursprung deutlich erkennen, aber in den einzelnen Gliedern zeigen sich doch Unterschiede. Zu verwundern ist es nicht, da die Zusammensetzung der Ursprungsgesteine, namentlich der Leberschiefer und des Röths, aber auch des Sandsteins verschieden ist und auch die Bedingungen, unter welchen das Wasser auf das Gestein einwirkt, nicht dieselben sind.

Die Wasser der Leberschiefer zeichnen sich durch hohen Gehalt an Na_2O und an SO_3 aus, beide gehen aber in dem Gehalt an CaO und MgO und namentlich dem des Chlors auseinander. Sehr häufig sind in die Leberschiefer Gyps und Steinsalzlager eingebettet und es scheint, dass Bocklet mit einer Kochsalz und Gyps führenden, Memlos nur mit einer gypsführenden Schicht in Berührung steht. — Die Lohrer Stadtquelle zeigt einen verhältnissmässig hohen Gehalt an Kali, über 2 % mehr als Natron. Es dürfte deshalb der Sandstein, welchen die Quelle auslaugt, eine grosse Menge Glimmer- und Feldspathreste führen. In der That überwiegt auch der Gehalt an Kali den an Natron in der angeführten Analyse des rothen Sandsteines ebenfalls um ein Bedeutendes, nämlich um 2 %. Die Brückenauer Quellen zeigen das Gleiche. Der Brückenauer Stahlquelle steht Kothen am nächsten, enthält aber etwas mehr Eisen. Riedenberg dagegen mehr schwefelsaure Salze.

Gemeinsam ist den Wassern des eigentlichen Sandsteins der hohe Gehalt an SiO_2, während die Wasser, welche aus den

[1]) *Tiemann-Kubel:* Anleitung zur Untersuchung von Wasser. Braunschweig, 1874. II. Aufl. S. 165 ff.

1 Liter enthält Gramm			KCl	NaCl	$MgCl_2$	K_2SO_4	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	K_2CO_3	Na_2CO_3
Leberschiefer	Memlos		—	0,05874	—	0,04311	0,05620	—	0,78231	—	0,23001
	Bocklet		0,01840	0,81900	—	—	0,31770	0,40380	—	—	—
Haupt-Buntsandstein	Lohr		0,00374	0,00284	0,55400	—	—	—	—		—
	Brückenau	Stahlquelle	—		0,01090	0,01900	0,01070	0,06120		—	—
		Wernarzer	—	0,00410	—	0,00960	—	—		0,00152	0,00595
		Sinnberger	—	0,01010	—	0,00450	—	—	—	0,00288	—
	Riedenberg		0,00283	0,00547	—	—	—	—	0,07213	—	—
	Kothen		0,00254	0,00646	—	—	—	—	0,00395	—	—
Röth	Würzburg I / II										nicht

1 Liter enthält Gramm			K_2O	Na_2O	NH_3	CaO	MgO	FeO
Leberschiefer	Memlos		0,02328	0,18115	—	0,76205	0,01288	0,00018
	Bocklet		0,01159	0,57385	—	0,45813	0,56470	0,04730
Haupt-Buntsandstein	Lohr		0,00274	0,00194		0,00531	0,00043	—
	Brückenau	Stahlquelle	0,01030	0,00470		0,08870	0,04090	0,00329
		Wernarzer Q.	0,00620	0,00380		0,02180	0,01040	0,00110
		Sinnberger Q.	0,00490	0,00535		0,02210	0,00886	0,00005
	Riedenberg		0,00178	0,00290		0 05780	0,03370	0,00172
	Kothen		0,00160	0,00321		0,01600	0,00671	0,00450
Röth	Würzburg I		0,01100	0,07500	—	0,80100	0,12400	0,00300
	Würzburg II		0,01619	0,09990	0,02000	0,60430	0,08057	0,00040

100 Theile

			K_2O	Na_2O	CaO	MgO	FeO
Leberschiefer	Memlos		1,16	9,05	38,09	0,64	0,09
	Bocklet		0,32	15,67	12,51	15,43	1,30
Haupt-Buntsandstein	Lohr		10,13	7,20	19,63	1,60	—
	Brückenau	Stahlquelle	2,99	1,36	25,81	11,90	1,59
		Wernarzer Q.	4,82	2,95	16,95	8,08	0,85
		Sinnberger Q.	4,02	4,38	18,15	7,27	Spur
	Riedenberg		0,95	1,55	31,04	8,06	0,92
	Kothen		1,50	2,99	14,92	6,25	4,66
Röth	Würzburg I		0,44	3,02	32,26	4,99	1,20
	Würzburg II		0,94	5,84	35,33	4,71	0,02

$CaCO_3$	$MgCO_3$	$FeCO_3$	$MnCO_3$	SiO_2	Al_2O_3	P_2O_5	N_2O_5	Org. Subst.	Temperatur	Freie u. halbg. CO_2	Summa
0,78994	0,02704	0,00029	0,00017	0,01916	—	$\frac{0,00030}{(Li_2)_3P_2O_5}$	-	Spuren	9,8°C	1,77895	2,00727
0,81810	0,42000	0,07630	0,00010	0,02760	0,00030	Spuren	—	0,00250	10,0°C	2,49450	3,45780
0,00947	0,00100	—	—	0,00790	-	—	—	—	10,0°C	—	0,02495
0,15932	0,01395	0,00840	0,00032	0,01380	Spuren	0,00050	Spur	0,06360	9,75°C	2,28900	0,36169
0,03364	0,02158	0,00112	0,00028	0,01770	0,00020	0,00090	„	0,02410	10,25°C	2,30120	0,12069
0,03976	0,01787	0,00040	Spur	0,01680	Spuren	—	„	0,16740	9,50°C	1,83260	0,25971
0,04268	0,07077	0,00275	„	0,00870	—	Spur	—	—	10°C	0,14960	0,20533
0,02509	0,01409	0,00714	„	0,04740	—	„	—	Spur	10°C	0,34379	0,10667

berechenbar.

MnO	Cl	SO_3	CO_2 gebund.	SiO_2	P_2O_5	N_2O_5	Organ. Subst.	Temperatur	Summa
0,00010	0,03559	0,51289	0,45774	0,01916	Spuren	—	Spur	9.8° C	2,00502
Spuren	0,92060	0,44860	0,60740	0,02760	„	—	0,00250	10,0° „	3,66227
—	0,00352	—	0,00500	0,00790	—	—	—	10,0° „	0,02684
0,00220	0,00260	0,05550	0,11924	0,01380	0,00030	Spuren	0,06360	9,75° „	0,40513
bei FeO 0,00250	0,00440	0,06020	0,01770	0,00005	0,00090	0,02150	10,25° „	0,15100	
bei FeO	0,00645	0,00210	0,05520	0,01680	Spuren	Spuren	0,02300	9,50° „	0,14811
Spuren	0,00433	0,03831	0,05729	0,00870	„	„	Spuren	10,0 „	0,20653
„	0,00465	0,00205	0,02109	0,04740	„	„	„	10° „	0,10721
„	0,06300	1,30500	0,08800	0,01000	„	0,00200	0,01200	12,5° „	2,49400
„	0,06382	0,69792	0,08360	0,00375	„	0,04000	0,01425	13,6° „	1,72470

Rückstand enthalten %

MnO	Cl	SO_3	CO_2	SiO_2	P_2O_5	N_2O_5	NH_3	Summa
0,06	1,77	25,63	22,88	0,96	Spuren	—	—	100,33
Spur	15,25	12,25	16,60	0,77	„	—	—	100,00
—	13,02	—	18,49	29,21	„	—	—	99,28
0,64	0,76	16,14	34,69	4,01	„	—	—	99,89
beiFeO	1,94	3,42	46,81	13,76	0,49	—	—	100,07
Spuren	5,29	1,72	45,33	13,79	Spuren	—	—	99,95
„	2,32	20,53	30,71	4.66	„	—	—	100.74
„	4,33	1,91	19,67	44,21	„	—	—	100 44
„	2,54	52.55	3,54	0,40	„	0,08	—	101,02
„	3,73	40,81	4,88	2,19	„	2,33	1,16	101,94

Leberschiefern und dem Röth austreten, ärmer daran sind. Auch dies erklärt sich, denn die durch die Kohlensäure in Lösung gehaltene Kieselsäure wird bei Hinzutritt von kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia und Ferrocarbonat, die hier ja stark vertreten sind, ausgeschieden.

Eine gute Uebereinstimmung zeigen die beiden Analysen des Röthwassers. Auch diese enthalten viel Schwefelsäure. Bemerkenswerth ist der Gehalt an Salpetersäure, der auch bei den Wassern der nächstfolgenden Glieder der Trias nicht fehlt. Derselbe erklärt das Vorkommen von Kalisalpeter in Tuffen, welche von Quellen, die an der Grenze von Wellendolomit und Röth entspringen, abgesetzt wurden. Bei Homburg a/Main findet sich ein derartiger Tuff, in dessen Hohlräumen Kalisalpeter in haarförmigen Krystallaggregaten reichlich getroffen wird. *Nies*[1]) erhielt beim Auslaugen des eben erwähnten Kalktuffes 87,29 % Kalisalpeter neben 2,59 % Bittersalz und 5,14 % Gyps.

In allen Wassern der Buntsandstein-Gruppe finden sich Spuren von Phosphorsäure, welche, wenn sie sich nicht direkt im Wasser, so doch in Ockern der Quellen sicher nachweisen lassen. Zuweilen reichert sich die Phosphorsäure in den Sintern an; so fand Herr Professor *Kunkel*, nach eigner gütiger Mittheilung, in einem Sinter des Erlenbachs bei Marktheidenfeld 0,2 % P_2O_5.

Auch der hohe Gehalt an freier Kohlensäure, der den Quellen des Sandsteins eigen ist, findet seine naturgemässe Erklärung in der schon erwähnten, von Professor *v. Sandberger* aufgestellten Annahme, dass die Kohlensäure durch Einwirkung von kieselsäurehaltigen Flüssigkeiten auf kohlensäurehaltige Gesteine entsteht. Kieselsäure ist in den Sandsteinen in ausserordentlicher Menge vorhanden und wird in Masse gelöst.

Ocker- und Tuffbildungen der Wasser der Buntsandsteinformation.

Die Art und Weise, sowie die Reihenfolge der Absätze aus diesen Quellen ist genau dieselbe, wie bei den schon beschriebenen. Während in den Ockern aus Röth- und Leberschiefer-Wassern kohlensaurer Kalk und Gyps den Hauptbestandtheil bilden, bestehen die Ocker der aus Buntsandstein kommenden hauptsächlich aus Eisenoxydhydrat.

Leider war es mir trotz aller Bemühung nicht möglich, von den von mir untersuchten Quellen Ockerabsätze zu erhalten;

[1]) Der Kalktuff von Homburg a/M. und sein Salpetergehalt. Mittheilungen aus dem Laboratorium von Dr. *Hilger*. Würzburg b. Stuber 1873. S. 72 ff.

ich musste deshalb die Untersuchung auf einen Kesselstein, der sich aus dem Röthwasser Nr. II abgesetzt hatte, und auf den Sinter des Brückenauer Stahlbrunnens beschränken; letzterer wurde mir von Herrn Prof. *v. Sandberger* gütigst zur Verfügung gestellt.

In dem Kesselstein fand ich neben CaO, MgO, Fe_2O_3, SiO_2, CO_2, SO_3, P_2O_5 auch B_2O_3: auf schwere Metalle konnte ich nicht Rücksicht nehmen, da es sich nicht entscheiden liess, ob solche aus dem Wasser oder etwa aus dem Kessel und den Zuleitungsröhren herrührten.

In dem Brückenauer Sinter liessen sich folgende Körper nachweisen: As_2O_3, Sb_2O_3, PbO Spur, CuO, Fe_2O_3, CoO, Al_2O_3 Spur, MnO, CaO, MgO. Schon *Keller*[1]), der den gleichen Absatz untersuchte, fand PbO, Sb_2O_3 und SnO_2, letzteres sicher nachzuweisen gelang mir nicht. Auch in diesen Absätzen lassen sich noch diejenigen Körper nachweisen, welche, wenn auch in geringer Menge vorhanden, in den Glimmern der Urgebirgs-Gesteine, deren Trümmer die Sandsteine zusammensetzen, nie fehlen. Die überall verbreitete Phosphorsäure muss man auf Rechnung des ausserordentlich weit verbreiteten Apatits setzen. Sie bedingt mit dem Kali die grosse Fruchtbarkeit der Leberschiefer und des Röths.

B. Wasser der Muschelkalk-Gruppe.

1. Wasser des Wellenkalks.

Als nächst höheres Glied der Trias folgt auf den Röth der Muschelkalk, der sich mit seiner unteren Abtheilung, dem Wellenkalk, direct auf demselben auflagert. Die Entwickelung des Wellenkalks in Unterfranken zeigt nach Prof. *v. Sandberger*[2]) folgende Abtheilungen:

I.	Wellendolomit, Mergelschiefer oben mit einer erbsengelben Dolomitbank (Leitbank) . . .	7,0 m
II.	Region der Pseudo-Conglomeratbänke, oben abgeschlossen durch die Dentalienbank . .	17,0 m
III.	Wellenkalk mit einzelnen versteinerungsführenden Bänken (der Lima- und Pleuromyen-Bank) und einer harten oolithischen Bank	35,0 m

1) Repertor. d. Pharm. (2) Bd. XLVIII S. 289.

2) Die Triasformation im mittleren Maingebiete. Würzburger gemeinnützige Wochenschrift 1882 S. 18.

IV. Region der Brachiopoden-Bänke, zu unterst die Terebratel-, zu oberst die Spiriferinen-Bank 17,6 m
V. Region der Schaumkalk-Bänke . . . . . 13,5 m
VI. Region der Mergelschiefer mit Myophoria orbicularis . . . . . 6,0 m

Wie hieraus ersichtlich, ist in dem Wellenkalk ein eigentlicher Wasserhorizont nicht vorhanden. Jedoch ist es möglich, durch Anlegen von Brunnen das Wasser, welches durch denselben fortwährend hindurchsickert, local zu sammeln. In Würzburg und Umgegend ist eine ganze Reihe von Brunnen angelegt, welche ihr Wasser auf solche Weise aus dem Wellenkalk erhalten; sie besitzen aber die unangenehme Eigenschaft, dass sie niemals gleiche Wassermengen geben, ja zuweilen, namentlich in sehr trockenen Jahren, ganz versiegen. — Selten gehen diese Brunnen tiefer, als bis in den eigentlichen Wellenkalk, sie enthalten also meistens das Wasser, das durch Myophoria orbicularis-Schichten (VI), durch die Brachiopoden-Bänke (IV) und die obersten Schichten des Wellenkalks (III des Profils S. 37) hindurchsickerte, während das Wasser der unteren Abtheilungen des Wellenkalks vom Röth gesammelt wird und über diesem ausbricht. — In Folge des fortwährenden Wechsels der Wassermenge und der oft sehr ungleichen Tiefe derartiger Brunnen, sowie der Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung der durchsickerten Schichten zeigen die Wasser des Wellenkalks natürlich grosse Unbeständigkeit in Bezug auf Menge und Art der gelösten Bestandtheile. Alle aber haben grosse Härte und hohen Gehalt an organischer Substanz gemein. Dies erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, dass fast alle Schichten des Wellenkalks 90 % $CaCO_3$ enthalten und ferner alle Bänke ohne Ausnahme so stark mit organischer Substanz durchdrungen sind, dass frisch gebrochene Stücke fast schwarz aussehen und erst unter dem Einfluss der Atmosphärilien ausbleichen. Die chemische Zusammensetzung einzelner Wellenkalk-Bänke ergibt sich nach schon erwähnten Analysen des Herrn Prof. *Hilger* folgendermassen:

Terebratel Bank IV. des Profils.	**Schaumkalk** sog. Asphalt-Bank V. des Profils. In 100 Theilen:	**Mergel mit Myophoria orbicularis** VI. des Profils.
Lösliches in HCl 94,26 %	80,14 %	83,97 %
Unlösliches „ 5,73 „	19,83 %	16,03 %

		Lösliches:	
SiO_2	= 0,18	0,92	0,36
Al_2O_3	= 0,11	0,54	2,12
Fe_2O_3	= 1,36	2,59	1,19
CaO	= 48,85	35,82	39,14
MgO	= 0,24	2,96	0,92
FeO	= 0,59		—
K_2O	= 0,08	0,95	0,71
Na_2O	= 0,53	1,47	0,80
P_2O_5	= 0,10	0,82	0,50
SO_3	= 0,18	1,42	0,98
Cl	= 0,05	0,05	0,04
H_2O	= 2,93	1,48	2,87
CO_2	= 38,76	30,25	30,99
		Unlösliches:	
SiO_2	= 0,75	9,21	9,26
Al_2O_3	= 1,47	2,08	4,15
Fe_2O_3	= 2,89	5,24	0,38
CaO	= 0,05	—	1,05
K_2O	= 0,11	1,05	1,50
Na_2O	= 0,17	0,51	0,42

Asphaltähnliche Masse der sog. Asphaltbank

C = 0,50

H = 0,10.

Zur Untersuchung benützte ich ein Wasser, welches ebenfalls aus einem Brunnen der Aktiengesellschaft „Brauhaus Würzburg" geschöpft wurde. Die Sohle des Brunnens befindet sich etwa unter der Terebratelbank, er selbst ist nicht viel über 30 m tief, so dass in demselben Wasser gesammelt wird, welches die Schichten IV, V und VI des Profils ausgelaugt hat. Ich erhielt als Bestandtheile des farb-, geschmack- und geruchlosen Wassers, welches eine Temperatur von 9,8° C hat, Folgendes:

1 Liter ergab:				100 Theile Rückstand enthalten:	
KCl	= 0,01609 g	K_2O	= 0,01524 g	K_2O	= 2,33 %
NaCl	= 0,04742 „	Na_2O	= 0,02427 „	Na_2O	= 3,72 „
NH_4NO_2	= 0,00084 „	NH_3	= 0,00050 „	NH_3	= 0,07 „
NH_4NO_3	= 0,00136 „	CaO	= 0,25130 „	CaO	= 38,53 „
$Ca(NO_3)_2$	= 0,01100 „	MgO	= 0,03716 „	MgO	= 5,69 „
$CaSO_4$	= 0,14052 „	FeO	= 0,00360 „	FeO	= 0,55 „
$CaCO_3$	= 0,33993 „	Cl	= 0,03546 „	Cl	= 5,43 „
$MgCO_3$	= 0,07803 „	SO_3	= 0,08266 „	SO_3	= 12,70 „
$FeCO_3$	= 0,00579 „	CO_2 geb.	= 0,19306 „	CO_2 geb.	= 29,60 „
SiO_2	= 0,00750 „	N_2O_5	= 0,00842 „	N_2O_3	= 0,07 „
	Sa. 0,64848 g.	N_2O_5	= 0,00048 „	N_2O_5	= 1,29 „
Freie und halbgebundene CO_2 = 0,22043 g.		SiO_2	= 0,00750 „	SiO_2	= 1,10 „
			Sa. 0,65965 g.		Sa. 101,08 %

Sauerstoff z. Oxydiren = 0,00026 g.

Nicht unerwähnt möchte ich lassen, dass das im Wellenkalk gerade nicht in grosser Menge, aber überall vorhandene Kochsalz an manchen Orten im Wasser concentrirt werden kann und dadurch schwache Soolen entstehen können. So befindet sich nach Akten des ehemaligen kgl. Salinenamts Kissingen im Keller des Hauptgebäudes der Universität Würzburg ein 52 Fuss tiefer Brunnen, welcher eine 0,51 prozentige Soole enthält. Welche Umstände dies bewirken, entzieht sich bis jetzt der Beurtheilung.

Die Absätze aus den Quellen des Wellenkalks bestehen hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia; ausserdem finden sich auch zuweilen die in geringeren Mengen vorhandenen Körper, wie $SrSO_4$, Fe_2O_3, Al_2O_3 und SiO_2, in den Sintern mit niedergeschlagen.

Für die Technik und als Trinkwasser ist das Wasser des Wellenkalks nicht empfehlenswerth, ja unter Umständen, namentlich bei hohem Gehalt an organischen Stoffen direkt unbrauchbar.

2. Das Wasser der Anhydrit-Gruppe.

Die wasserreichste und fast alle starken Quellen Unterfrankens liefernde Abtheilung der Muschelkalkformation ist die auf dem Wellenkalk sich auflagernde Anhydritgruppe. Eine grosse Anzahl von Trinkwasser liefernden Brunnen bezieht ihr Wasser aus ihr, nicht minder aber haben auch Heilquellen, wie bei Hassfurt ihren Ursprung in derselben. Auch durch Auswaschung hervorgerufene Erdfälle sind seither in Unterfranken nur im Bereiche dieser Gruppe bei Hammelburg und Würzburg beobachtet worden. [1]) Die Anhydritgruppe ist zu betrachten als grösstentheils aus chemischen Niederschlägen von Salzen, Kochsalz, schwefelsaurem Kalk und Mutterlaugensalzen, entstanden. Der schwefelsaure Kalk, der ursprünglich Anhydrit war, ist in der fränkischen Trias meist schon in Gyps umgewandelt, während das Steinsalz oft vollständig weggeführt ist und die Mutterlaugensalze zum Theil durch Einwirkung von neu eingeführtem kohlensaurem Kalk in Dolomit und Gyps umgesetzt und daher theilweise auch verschwunden sind. Auch hier ist aus den eben gesagten Gründen eine Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung der Wasser an verschiedenen Orten von

[1]) *v. Sandberger:* Gemeinnützige Wochenschrift 1881 S. 305 f. u. 1882 S. 20.

der jeweiligen Schichtenfolge der Anhydritgruppe abhängig. Da, wo kein oder nur sehr wenig Gyps und Steinsalz mit den begleitenden anderen Salzen vorhanden ist, werden Wasser zu Tage treten, welche den Muschelkalkwassern nahe stehen, an Orten dagegen, wo obige Salze noch vorhanden, finden sich Quellen von complicirterer Zusammensetzung, im allgemeinen an Kochsalz und Gyps reiche Wasser, wie dies bei Friedrichshall in Württemberg (siehe Analyse desselben in den Tabellen S. 50 und 51) der Fall ist.

Die Schichtenfolge der Anhydritgruppe bei Unterzell in der Nähe Würzburgs zeigt folgendes von Prof. *v. Sandberger* [1]) gegebenes Profil:

I.	Blauer dichter Kalk	2,00 m
II.	Zellendolomit	3,43 „
III.	Glimmerreiche graue Mergelschiefer mit feinkörnigen Sandsteinbänkchen, leicht zu Schutt zerfallend	0,90 „
IV.	Zellendolomit	4,29 „

Der Wasserhorizont der Anhydritgruppe befindet sich auf der Grenze zwischen No. II und III des obigen Profiles und zwar zeigt sich der Zellendolomit gleich einem mächtigen Schwamme mit Wasser angefüllt.

Nachstehende Analyse der aus der Anhydritgruppe stammenden Würzburger Stadtquelle ist von Herrn *Scriba* [2]) ausgeführt.

1 Liter enthält:				100 Theile Rückstand enthalten:	
KCl	= 0,00573 g oder	K_2O	= 0,00360 g	K_2O	= 0,54 %
$NaCl$	= 0,01742 „	Na_2O	= 0,02042 „	Na_2O	= 3,09 „
Na_2SO_4	= 0,02547 „	CaO	= 0,22376 „	CaO	= 33,90 „
$MgSO_4$	= 0,10000 „	MgO	= 0,05824 „	MgO	= 8,82 „
$CaSO_4$	= 0,17762 „	FeO	= 0,00162 „	FeO	= 0,24 „
$CaCO_3$	= 0,26954 „	Cl	= 0,01330 „	Cl	= 2,01 „
$MgCO_3$	= 0,04352 „	SO_3	= 0,18576 „	SO_3	= 28,15 „
$FeCO_3$	= 0,00261 „	N_2O_5	= 0,01098 „	N_2O_5	= 1,66 „
$MgON_2O_5$	= 0,01504 „	CO_2 geb.	= 0,14224 „	CO_2 geb.	= 21,55 „
SiO_2	= 0,01140 „	SiO_2	= 0,01140 „	SiO_2	= 1,69 „
	Sa. 0,66835 g		Sa. 0,67132 g		Sa. 101,65 %

[1]) Die Triasformation im mittleren Maingebiete. Gemeinnützige Wochenschrift Jahrg. 1882 S. 20.

[2]) Das. S. 20.

Das Wasser der Würzburger Stadtquelle ist farb-, geschmack- und geruchlos, ohne Einwirkung auf Reagenspapier und hat eine constante Temperatur von 12° C; trotz seiner ziemlich hohen Härte wird es als Trinkwasser gerne benützt und ist auch als solches ganz angenehm und unschädlich.

Ein weiteres der Anhydritgruppe angehörendes Wasser ist das der sogenannten Horaquelle. Dieselbe entspringt zwischen Würzburg und Heidingsfeld auf dem linken Ufer des Maines am Fusse des Nikolausberges aus einer Verwerfungsspalte zwischen der Anhydritgruppe mit dem Wellenkalk. Durch seine Frische und gute Beschaffenheit hat das Wasser eine gewisse Berühmtheit erlangt. Die Temperatur beträgt, bei einer Lufttemperatur von 16° C gemessen, 9,9° C. Das Wasser ist äusserst klar, farblos, geschmack- und geruchlos und wirkt nicht auf Reagenspapier ein. Die von mir ausgeführte Analyse ergab Folgendes:

1 Liter enthält in Gramm:		Dies entspricht in 1 Liter:		100 Theile Rückstand enthalten:	
KCl	= 0,00198	K_2O	= 0,00145 g	K_2O	= 0,36 %
$NaCl$	= 0,00341	Na_2O	= 0,00269 „	Na_2O	= 0,66 „
$CaCl_2$	= 0,01869	NH_3	= Spur „	NH_3	= Spur
$CaSO_4$	= 0,06436	CaO	= 0,11430 „	CaO	= 28,38 „
$CaCO_3$	= 0,13496	MgO	= 0,07117 „	MgO	= 17,67 „
$MgCO_3$	= 0,14945	FeO	= 0,00360 „	FeO	= 0,89 „
$FeCO_3$	= 0,00579	SO_3	= 0,03786 „	SO_3	= 9,40 „
$CaON_2O_5$	= 0,00895	Cl	= 0,01418 „	Cl	= 3,52 „
SiO_2	= 0,01035	N_2O_5	= 0,00597 „	N_2O_5	= 1,48 „
Sa.	0,39794	SiO_2	= 0,01035 „	CO_2 geb.	= 35,04 „
Freie und halbgebundene CO_2 = 0,15950 g.		CO_2 geb.	= 0,14110 „	SiO_2	= 2,57 „
Sauerstoff z. Oxydation 0,000018 g im Liter.		Sa.	0,40267 g.	Sa.	99,97 %

Die Quellen zu Hassfurt a Main und Wonfurt.

Sehr interessante Quellen der Anhydrit-Gruppe sind die Hassfurter Badequelle und die Quelle zu Wonfurt bei Hassfurt.

Das Wildbad Hassfurt liegt etwa 20 Minuten vom Städtchen entfernt an der Nassach, welche direkt unterhalb des Bades in den Main mündet, etwa 221 m über dem Meere. Zwei Quellen treten dort zu Tage, von denen eine als Trinkquelle, die andere als Badequelle benützt wird. Beide unterscheiden sich in der

chemischen Zusammensetzung nicht. Die nachstehende Analyse wurde von Herrn Dr. *List* ausgeführt. Die Temperatur und freie, sowie halbgebundene Kohlensäure wurden von mir selbst an Ort und Stelle nochmals bestimmt und stimmen die Zahlen vorzüglich mit denen, die Herr Dr. *List* erhalten hat.

Das Wasser ist farblos, schmeckt nicht unangenehm nach Eisen und lässt deutlich den Geruch nach Schwefelwasserstoff erkennen. Lackmuspapier wird schwach geröthet. Die Temperatur ist genau, wie die der Quelle zu Wonfurt, 12.4° C. Beim Erhitzen, sowie beim längeren Stehen setzt das Wasser einen rothgelben Ocker ab, der Eisen, Spuren von Mangan, Kalk, Kohlensäure und Schwefelsäure enthält. Ueberall, wo dasselbe auf seinem Laufe mit grösseren Mengen atmosphärischer Luft in Berührung kommt, wurde ein gleicher Ocker abgesetzt. Ich sammelte denselben sowohl in dem Abzugsgraben der Trinkquelle, als auch an dem Mühlrad, welches durch die Badequelle getrieben wird. Die chemische Untersuchung ergab gleiche chemische Zusammensetzung der beiden Ocker und Uebereinstimmung mit jenem, welcher von Wonfurt stammt.

Nach Dr. *List* enthält die Trinkquelle Hassfurts:

In 1 Liter:				100 Theile Rückstand enthalten:	
KCl	= 0,00986 g	oder K_2O	= 0,00621 g	K_2O	= 0,23 %
$NaCl$	= 0,21606 „	Na_2O	= 0,17324 „	Na_2O	= 6,41 „
$LiCl$	= 0,00162 „	CaO	= 1,02777 „	Li_2O	= 0,02 „
NH_4Cl	= 0,00217 „	BaO	= 0,00035 „	NH_3	= 0,02 „
Na_2SO_4	= 0,13349 „	SrO	= 0,00110 „	CaO	= 38,07 „
$CaSO_4$	= 1,88174 „	Li_2O	= 0,00056 „	MgO	= 2,08 „
$SrSO_4$	= 0,00198 „	NH_3	= 0,00074 „	BaO	= 0,01 „
$BaSO_4$	= 0,00053 „	MgO	= 0,05615 „	SrO	= 0,04 „
$CaCO_3$	= 0,27970 „	FeO	= 0,01300 „	FeO	= 0,48 „
$MgCO_3$	= 0,11791 „	MnO	= 0,00087 „	MnO	= 0,03 „
$FeCO_3$	= 0,01993 „	Cl	= 0,13845 „	Cl	= 5,12 „
$MnCO_3$	= 0,00128 „	SO_3	= 1,08605 „	SO_3	= 40,32 „
SiO_2	= 0,00231 „	CO_2 geb.	= 0,19265 „	CO_2geb	= 7,10 „
$Al_2O_3+P_2O_5$	= 0,00017 „	SiO_2	= 0,00231 „	SiO_2	= 0,08 „
H_2S	= 0,00698 „	P_2O_5	= 0,00017 „	P_2O_5	= 0,006 „
Sa.	2,67573 g	Sa.	2,69962 g	Sa.	100,016 %
Freie CO_2	= 0,02340 g				
Temperatur	= 12,4° C.				

Dicht unterhalb Hassfurt, fast gegenüber der Einmündung der Nassach in den Main, geht auf dem anderen, linksseitigen

Mainufer in nächster Nähe des Dorfes Wonfurt eine Quelle zu Tage, welche mit der Hassfurter vollständige Uebereinstimmung zeigt. Beide Quellen, die Hassfurter und die Wonfurter, treten aus der auf S. 29 ausführlich beschriebenen, Unterfranken in der Richtung SO nach NW durchstreichenden Verwerfungsspalte, die hier nur bis zur Anhydritgruppe hinabsetzt, aus. Bei Wonfurt treten noch mehrere, höchst wahrscheinlich durch Unterwaschung und Nachstürzen der aufliegenden Muschelkalkschichten, welch' letztere auch oberhalb der Hassfurter Bade-Quelle anstehen, entstandene Spalten auf, aus welchen Wasser hervortritt. Die überaus mächtige Quelle, welche früher eine Mühle trieb, bildet am Austritt einen kleinen See und verschwindet nach kurzem Laufe etwa 100 Schritte unweit des Mainuferrandes in einer weiteren Spalte. Aber ihr kurzer Weg genügte, um einen mächtigen Kalktuffhügel abzusetzen, der stellenweise mit Conchylien und Pflanzen vollgepfropft erscheint. Die von *v. Sandberger* ausgeführte Untersuchung[1]) der Conchylien des meist recht harten, geschichteten, aus sehr lichten, meist eisenarmen und braunrothen, durch Eisenoxydhydrat stark gefärbten Lagen zusammengesetzten Tuffes ergab folgende Arten:

Hyalinia nitida
Patula rotundata
Helix obvoluta
„ strigella
„ fruticum
„ incarnata
„ arbustorum
„ hortensis
Pupa pusilla
Clausilia dubia
Limneus ovatus
„ palustris var. fuscus
Planorbis marginatus
„ rotundatus.

Ausserdem konnten in den von mir gesammelten Handstücken des Tuffes Blätter von

Corylus avellana L. (Haselstrauch)
Salix aurita L. (Geöhrte Weide)
Quercus pedunculata Ehrh. (Stieleiche)
Fagus sylvatica L. (Buche)
Alnus glutinosa L. (Erle), sowie ein Blättchen eines Brombeerstrauches (Rubus sp.) nachgewiesen werden.

[1]) *v. Sandberger*: Die Verbreitung der Mollusken in den einzelnen natürlichen Bezirken Unterfrankens und ihre Beziehungen zu der pleistocänen Fauna. Verhandlungen der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg. NF. XIX Bd. Nr. 9. S. 12.

Die Temperatur des Wassers ist genau wie bei Hassfurt 12,4° C und das chemische Verhalten stimmt mit dem des dortigen, wie schon erwähnt, vollständig überein. Auch die Zusammensetzung lässt nur ganz geringe Abweichungen bemerken und weist deutlich auf eine gemeinsame Ursprungsstätte hin. Ausserordentlich interessant ist es aber, dass wieder auf der anderen Seite des Mains (Hassfurter Seite) etwa 200 Schritte mainabwärts, von der Stelle aus, wo die Wonfurter Quelle verschwindet, gerechnet in einem Wasserdurchlass der Würzburg-Bamberger Bahn eine Quelle zu Tage tritt, die früher hier ausfloss, beim Bahnbau aber gefasst wurde. Dieselbe weist genau dieselbe Temperatur, allgemeine chemische und physikalische Beschaffenheit auf und setzt auch denselben Ocker ab, wie die oben beschriebenen Quellen Hassfurts und Wonfurts.

Die Wonfurter Quelle ergab:

In 1 Liter:		Dies entspricht:		100 Theile Rückstand enthalten:	
KCl	= 0,01212 g	K_2O	= 0,00763 g	K_2O	= 0,27 %
NaCl	= 0,22606 „	Na_2O	= 0,18333 „	Na_2O	= 6,62 „
NH_4NO_3	= 0,00442 „	CaO	= 0,94969 „	NH_3	= 0,03 „
Na_2SO_4	= 0,14210 „	MgO	= 0,05761 „	Li_2O	= Spuren
$CaSO_4$	= 1,92446 „	FeO	= 0,01304 „	CaO	= 34,31 „
$FeCO_3$	= 0,02104 „	MnO	= 0,00008 „	MgO	= 2,08 „
$CaCO_3$	= 0,28526 „	Cl	= 0,14280 „	FeO	= 0,47 „
$MgCO_3$	= 0,12004 „	SO_3	= 1,21309 „	MnO	= Spuren
$MnCO_3$	= 0,00014 „	CO_2 geb.	= 0,19601 „	Cl	= 5,16 „
SiO_2	= 0,00120 „	N_2O_5	= 0,00354 „	SO_3	= 43,83 „
Sa.	2,73684 g	NH_3	= 0,00008 „	CO_2 geb.	= 7,08 „
Freie und halbgebundene CO_2 = 0,22023.		SiO_2	= 0,00120 „	N_2O_5	= 0,12 „
H_2S quantitativ nicht bestimmt.		Sa.	2,76810 g.	SiO_2	= 0,05 „
In Spuren: P_2O_5, B_2O_3, SrO, BaO, Li_2O.				P_2O_5	= Spuren
				Sa.	100,02 %

Zum Vergleich mit der Hassfurter und Wonfurter Quelle möge die Analyse des Wilhelmsbrunnens bei Cannstatt in Württemberg, welcher ebenfalls sein Wasser aus der Anhydritgruppe erhält, hier Platz finden. Dieselbe wurde von Prof. *Sigwart*[1]) ausgeführt; derselbe fand in 1 Liter:

1) Württemberg. naturw. Jahreshefte XV S. 354.

$NaCl$	= 2,0104 g	K_2O	= 0,0229 g	100 Theile Rückstand enthalten:	
K_2SO_4	= 0,0425 „	Na_2O	= 1,2349 „	K_2O	= 0,44 %
Na_2SO_4	= 0,3850 „	CaO	= 0,9409 „	Na_2O	= 24.03 „
$MgSO_4$	= 0,5007 „	MgO	= 0,1652 „	CaO	= 18,31 „
$CaSO_4$	= 0,8509 „	FeO	= 0,0107 „	MgO	= 3,21 „
$CaCO_3$	= 1,0574 „	Cl	= 1,2183 „	FeO	= 0,20 „
$FeCO_3$	= 0,0173 „	SO_3	= 1,0728 „	Cl	= 23,71 „
SiO_2	= Spuren	CO_2 geb.	= 0,4719 „	SO_3	= 20,94 „
Br u. J	= Spuren	Sa.	5,1376 g.	CO_2 geb.	= 9,16 „
Sa.	4,8642 g.			Sa.	100,00 %

Freie und halbgebundene CO_2 = 1,522 g.
Temperatur 18,2° C

3. Das Wasser des eigentlichen Muschelkalks.

Auf die Anhydrit-Gruppe folgt zunächst der Muschelkalk im engeren Sinne, der im Franken von unten nach oben folgende Gliederung zeigt.

I.	Geradschiefrige Mergel und Kalksteine mit Hornsteinknauern und gelber Mergelkalk . .	4,00 m
II.	Wulstige Kalke mit Pecten Albertii . . .	2,85 „
III.	Aschgraue Kalksteine mit Myophoria vulgaris und Gervillia costata, wechselnd mit Schieferthon, in der Mitte die untere 0,5 m dicke Enkriniten-Bank	5,75 „
IV.	Blaue Plattenkalke und Pflastersteinbänke mit Pecten discites, vielfach mit Schieferthon wechselnd, in der Mitte die obere 0,30 m dicke Enkriniten-Bank mit Spiriferina fragilis . .	12,56 „
V.	Bank der Terebratula vulgaris var. cycloides	0,27 „
VI.	Kalkstein und Schieferthon mit zahlreichen Exemplaren von Ceratites nodosus typus . .	15,11 „
VII.	Kalkstein und Schieferthon mit Ceratites semipartitus	2,50 „
VIII.	a) Quaderkalk mit Trigonodus SO u. S von Würzburg b) Schieferthone mit Ostracoden NW u. N von Würzburg	2,50 „

Die Gesteine des Muschelkalkes erscheinen demnach in vieler Beziehung verschieden von jenen des Wellenkalks. In Folge des

häufigen Zwischenlagerns von thonigen Schichten und seiner grösseren Verwitterungsfähigkeit gibt er für die Landwirthschaft einen vorzüglichen Boden ab. Dagegen ist der Muschelkalk für die Ansammlung von Wasser im Ganzen ungünstig. Es werden zwar durch die Schieferthone einige Wasserhorizonte gebildet, aber die Menge, die in ihnen angesammelt wird, ist nicht sehr bedeutend. Es treten hier Wasser zu Tage, die an Mineralbestandtheilen den Wassern der unteren Glieder der Muschelkalk-Gruppe nicht nachstehen, doch tritt in ihrer Zusammensetzung der kohlensaure Kalk mehr in den Vordergrund, die Schwefelsäure aber zurück. — Zu bemerken ist, dass die obersten Schichten des Muschelkalks, die Trigonoduskalke, vollständig wasserarm und daher von Wohnstätten gemieden sind, aber als schwer verwitterbares Material zu Bausteinen in grossem Maassstabe Verwendung finden.

Zur Untersuchung wählte ich ein Wasser, welches in einem Seitenthale des Maines, dem Alandsgrunde, zwischen Würzburg und Randersacker entspringt. Die Quelle tritt am Wechsel von Schieferthonen mit kalkigen Bänken der Zone des Ceratites nodosus (Nro. VI des Profils) zu Tage. Das Wasser selbst wird wegen seiner Klarheit und gleichmässigen, nicht allzu hohen Temperatur gerne getrunken und der Weg zur Quelle, die sehr hübsch gelegen ist, bildet daher einen beliebten Spaziergang der Einwohner Würzburgs.

Die Analyse der Schichten des Ceratites nodosus, ausgeführt von Herrn Professor *Hilger*, zeigt folgende Zahlen:

In 100 Theilen:

In HCl Lösliches = 96,97 %

In HCl Unlösliches = 3,023 %

Lösliches:		Unlösliches:	
SiO_2	= 0,319	SiO_2	= 2,669
Al_2O_3	= 0,257	Al_2O_3	= 0,062
Fe_2O_3	= 0,673	Fe_2O_3	= 0,077
CaO	= 51,272	CaO	= 0,007
MgO	= 0,928	K_2O	= 0,143
K_2O	= 0,258	Na_2O	= 0,181
Na_2O	= 0,353		
P_2O_5	= 1,150	In Spuren: Li_2O.	
Cl	= 0,113		
CO_2	= 41,390		
HO_2	= 1,410		

Alle die Körper, welche in der Gesteinsanalyse angeführt sind, finden sich auch in dem Wasser wieder, davon aber P_2O_5 und SiO_2 nur in Spuren. Das Wasser ist farb-, geschmack- und geruchlos, ohne Wirkung auf Reagenspapier und hat eine Temperatur von 10° C, welche das ganze Jahr constant bleibt. Die Alandsquelle liefert in der Stunde 600 Liter.

In 1 Liter fand ich:

$NaCl$	= 0,0111 g	oder K_2O	= 0,0042 g
KCl	= 0,0059 „	Na_2O	= 0,0055 „
$CaCl_2$	= 0,0067 „	CaO	= 0,1200 „
$(NH_3)HNO_3$	= 0,0012 „	MgO	= 0,0584 „
$Ca(NO_3)_2$	= 0,0051 „	FeO	= 0,0015 „
$CaSO_4$	= 0,0367 „	NH_3	= 0,0002 „
$CaCO_3$	= 0,1784 „	SiO_2	= 0,0042 „
$MgCO_3$	= 0,1227 „	N_2O_5	= 0,0046 „
$FeCO_3$	= 0,0021 „	N_2O_3	= 0,0001 „
SiO_2	= 0,0042 „	SO_3	= 0,0216 „
	Sa. 0,3741 g.	Cl	= 0,0140 „
Freie u. halbgebundene		CO_2 geb.	= 0,1418 „
CO_2 = 0,1908.			Sa. 0,3761 g.

Sauerstoff z. Oxydation 0,000059 g.

Spuren: Li_2O, BaO, P_2O_5.

100 Theile Rückstand enthalten:

K_2O	=	1,11 %
Na_2O	=	1,46 „
CaO	=	31,90 „
MgO	=	15,42 „
FeO	=	0,39 „
NH_3	=	0,05 „
Cl	=	3,72 „
SO_3	=	5,74 „
CO_2 geb.	=	37,70 „
N_2O_5	=	1,22 „
N_2O_3	=	Spur „
SiO_2	=	1,11 „
	Sa.	99,82 %

Auch Heilquellen nehmen aus dem Muschelkalk Unterfrankens ihren Ursprung, wie die Quellen des Bades Sennfeld bei Schweinfurt. Dieselben wurden schon des öfteren untersucht, aber leider liegt keine Analyse aus neuerer Zeit vor. Ich muss mich, da ich zu einer eigenen Analyse aus Mangel an Zeit nicht mehr kommen konnte, mit der vom ehemaligen Rector der Schweinfurter Realschule *Juch* ausgeführten und vom Freiherrn *von Bibra*[1]) veröffentlichten Analyse begnügen.

[1]) *v. Bibra.* Erdmann, Journ. f. prakt. Chemie. XXVI. Bd. S. 16 ff.

Juch fand in 1 Liter der

	Quelle I.	Quelle II.
$CaCO_3$	= 0,70	0,60
$MgCO_3$	= 0,02	—
$CaSO_4$	= 0,20	0,50
$MgSO_4$	= 0,08	0,10
KCl	= 0,02	0,05
NaCl	= 0,20	Spur
$MgCl_2$	= 0,04	—
$(MgO)_3(P_2O_5)_2$	= 0,01	0,05
$FeCO_3$	= 0,10	0,05
Quells. CaO	= 0,13	0,15
	1,50	1,50
		CO_2 u. H_2S

Freiherr *v. Bibra* gibt an derselben Stelle[1]) für die Schichten des Muschelkalks, aus welchen obige Quellen hervorbrechen, nachstehende Resultate seiner Analysen:

I. Mergelige Schicht (mit hier und da eingesprengtem Schwefelkies).
Spec. Gew. 2,695.

SiO_2	= 5,8
$CaCO_3$	= 41,1
$MgCO_3$	= 44,8
Al_2O_3	= 3,7
FeO	= 1,3
H_2O	= 2,4
H_2SO_4, Na_2O, Cl + Verlust	= 0,9
	100,0

II. Lage festen Kalksteins
1 Fuss mächtig.
Spec. Gew. 2,731.

SiO_2	= 6,5
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	= 1,9
$CaCO_3$	= 88,0
$MgCO_3$	= 1,3
H_2O	= 0,6
K_2O, Na_2O, SO_3, Cl	= 1,7
	100,0

Der ziemlich hohe Gehalt des Wassers an $CaSO_4$ ergibt sich daraus, dass der Eisenkies der Schichten oxydirt wird und Schwefelsäure und Ferrosulfat bildet; erstere zersetzt den kohlensauren Kalk in Gyps und Kohlensäure, letzteres wandelt sich mit $CaCO_3$ in $FeCO_3$ und $CaSO_4$ um.

[1]) *v. Bibra*: Erdmann Journ. f. prakt. Chem. XXVI. Bd. S. 14.

Wasser der

1 Liter enthält in Gramm:			KCl	NaCl	LiCl	$CaCl_2$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	CaC
Wellenkalk		Hofbrauhaus	0,01609	0,04742	—	—	—	—	0,14052	0,339
Anhydrit-gruppe	ausgelaugt	Würzb. Stadtqu.	0,00573	0,01742	—	—	0,02547	0,10000	0,17762	0,269
		Horaquelle	0,00198	0,00341	—	0,01869	—	—	0,06436	0,134
		Hassfurt	0,00986	0,21606	0,00162	—	0,13349	$SrSO_4$ 0,00198	1,88174	0,279
		Wonfurt	0,01212	0,22606	Spur	—	0,14210	—	1,92446	0,285
	nicht ausgelaugt	Cannstadt	—	2,01040	—	—	0,38500	0,50070	0,85090	1,057
		Friedrichshall	—	19,30000	—	$MgCl_2$ 0,60000	—	1,80000	6,20000	—
Muschelkalk	i.e.S.	Alandsquelle	0,00590	0,01110	Spur	0,00670	—	—	0,03670	0,178

1 Liter enthält in Gramm:			K_2O	Na_2O	CaO	MgO	FeO	MnO
Wellenkalk		Hofbrauhaus	0,01524	0,02427	0,25130	0,03716	0,00360	—
Anhydrit-gruppe	ausgelaugt	Würzb. Stadtqu.	0,00360	0,02042	0,22376	0,05824	0,00162	—
		Horaquelle	0,00145	0,00269	0,11430	0,07117	0,00360	—
		Hassfurt	0,00621	,17324	1,02777	0,05615	0,01300	0,000
		Wonfurt	0,00763	0,18333	0,94969	0,05761	0,01304	0,000
	nicht ausgelaugt	Cannstadt	0,02290	1,23490	0,94090	0,16520	0,01070	—
		Friedrichshall	—	10,22900	2,54200	0,85020	—	—
Muschelkalk	i.e.S.	Alandsquelle	0,00420	0,00550	0,12000	0,05840	0,00150	—

100 Theile Rückstan

			K_2O	Na_2O	CaO	MgO	FeO	MnO
Wellenkalk		Hofbrauhaus	2,33	3,72	38,53	5.69	0,55	—
Anhydrit-gruppe	ausgelaugt	Würzb. Stadtqu.	0,54	3,09	33,90	8,82	0,24	—
		Horaquelle	0,36	0,66	28,38	17,67	0,89	—
		Hassfurt	0,23	6,41	38,07	2,08	0,48	0,0
		Wonfurt	0,27	6,62	34,31	2,08	0,47	Spu
	nicht ausgelaugt	Cannstadt	0,44	24,03	18,31	3,21	0,20	–
		Friedrichshall	—	33,40	8,30	2,77	—	—
Muschelkalk	i.e.S.	Alandsquelle	1,11	1,46	31,90	15,42	0,39	—

Muschelkalkformation.

$MgCO_3$	$FeCO_3$	$MnCO_3$	$Ca(NO_3)_2$	NH_4NO_3	NH_4NO_2	$(Al_2O_3)_2(P_2O_5)_3$	SiO_2	$MgONa_2O_5$	Freie u. halbgeb. CO_2	H_2S	Temperatur	Summa
0,07803	0,00579	–	0,01100	0,00136	0,00084	—	0,00750	—	0,22043	—	9,8° C	0,64848
0,04352	0,00261	—	—	—	—	—	0,01140	0,01504	nicht angegeben	—	12° C	0,66835
0,14945	0,00579	—	0,00895	—	—	—	0,01035	—	0,15950	—	9,9° C	0,39794
0,11791	0,01993	0,00128	—	NH_4Cl 0,00217	—	0,00017	0,00231	$BaSO_4$ 0,00053	freie 0,02340	0,00698	12,4° C	2,67573
0,12004	0,02104	0,00014	—	0,00442	—	Spur	0,00120	—	0,22023	nicht bestimmt	12,4° C	2,73684
—	0,01730	—	—	—	—	—	Spuren	K_2SO_4 0,04250	1,52200	—	18,2° C	4.86420
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	nicht angegeben	27,90000
0,12270	0,00210	—	0,00510	0,00120	—	Spur	0,00420	—	0,19080	—	10,0° C	0,37410

NH_3	Li_2O	Cl	SO_3	CO_2 gebund.	N_2O_5	N_2O_3	SiO_2	P_2O_5	BaO	SrO	Summa
0,00050	—	0,03546	0,08266	0,19306	0,00842	0,00048	0,00750	–	—	—	0,65965
—	—	0,01330	0,18576	0,14224	0,01098	—	0,01140	—	—	—	0,67132
Spur	—	0,01418	0,03786	0,14110	0,00597	—	0,01035	—	—	—	0,40267
0,00074	0,00056	0,13845	1,08605	0,19265	—	—	0,00231	0,00017	0,00035	0,00110	2,69962
0,00008	Spur	0,14280	1,21309	0,19601	0,00354	—	0,00120	Spur	Spur	Spur	2,76810
—	—	1,21830	1,07280	0,47190	—	—	Spur	—	—	—	5,13760
—	—	12,14400	4.85900	—	—	—	—	—	—	—	30,62400
0,00020	Spur	0,01400	0,02160	0,14180	0,00460	0,00010	0,00420	Spur	Spur	—	0.37610

enthalten %

NH_3	Li_2O	Cl	SO_3	CO_2 gebund.	N_2O_5	N_2O_3	SiO_2	P_2O_5	BaO	SrO	Summa
0,07	—	5,43	12,70	29.60	1,29	0,07	1,10	—	—	—	101.08
—	–	2,01	28,15	21,55	1,66	—	1,69	—	—	—	101,65
Spur	–	3,52	9,40	35,04	1,48	—	2,57	—	—	—	99,97
0,02	0,02	5,12	40,32	7,10	—	—	0,08	0,006	0,01	0,04	100,01
0,03	Spur	5,16	43,83	7,08	0,12	—	0,05	Spur	Spur	Spur	100,02
—	—	23,71	20,94	9,16	—	—	Spur	—	—	—	100,00
—	—	39.66	15,86	—	—		—	—	—		99,99
0,05	Spur	3,72	5,74	37,70	1,22	Spur	1,11	Spur	Spur	—	99,82

C. Wasser der Lettenkohlen-Gruppe.

Direkt auf den Trigonodus-Kalken oder, wo diese nicht vorhanden sind, auf den Ostracoden-Thonen baut sich, mit den Glaukonit- oder Bairdien-Kalken beginnend, die Lettenkohlen-Gruppe auf. Ein prächtiger Aufschluss am Faulenberg nordöstlich von Würzburg gibt Zeugniss von der glänzenden Entwickelung dieses Gliedes der Trias in Unterfranken. Das Profil desselben lässt nebenstehende Schichtenfolge erkennen:

I.	Glaukonit-Kalke und harte Dolomite mit Myophoria Goldfussii und Gervillia subcostata, mit grünlichen Schieferthonen und Ockerkalken mit Lingula wechselnd . . .	12,0 m
II.	Weissgraue harte Schiefer und Ockerkalke	3,5 „
III.	Thoniger Sandstein mit Anoplophora, wechselnd mit Schieferthon, Lettenkohle und Ockerkalk, zu oberst gelber Dolomit mit Drusen von Kalkspath und Aragonit . .	10,0 „
IV.	Hauptsandstein (Baustein) unten roth, oben gelbgrau	15,0 „
V.	Schieferthone und Lettenkohle mit Ockerkalk wechselnd	5,5 „
VI.	Grenz-Dolomit und oberster Zellenkalk . .	2,6 „
		48,6 m

Die Lettenkohlengruppe enthält verschiedene Bänke, welche Wasser zurückhalten. Der Hauptwasserhorizont ist jedenfalls die Schicht, welche die Wasser des Hauptsandsteins sammelt. Aus den schon bei der Besprechung des Buntsandsteins entwickelten Gründen kann man im Voraus annehmen, dass das Wasser des Lettenkohlensandsteins ein gutes und wenig hartes sein werde. Aber hier wird das Bindemittel nicht allein von Thon und unlöslichem Eisenoxyd gebildet, sondern dasselbe ist oft auch reich an kohlensaurem Eisenoxydul, Kalk und Bittererde. Es ist deshalb der Gehalt an gelösten Mineralbestandtheilen natürlich viel grösser als beim härtesten Buntsandstein-Wasser. Können kieselsäurehaltige Flüssigkeiten auf das Bindemittel einwirken, so wird eine grössere Menge des letzteren gelöst und es entstehen Säuerlinge von ganz ausgezeichneter Zu-

sammensetzung. Dies ist der Fall bei einer Quelle, die bei Lendershausen, einem Dorfe unweit des Städtchens Hofheim in Unterfranken entspringt.

Nachstehend bringe ich die Analyse des Wassers, welches am Faulenberg bei Würzburg in einem Bahneinschnitt direkt unter dem Hauptsandstein (No. IV. des vorstehenden Profils) austritt, sowie die der eben erwähnten Quelle von Lendershausen.

Das Wasser des Faulenbergs bei Würzburg.

Dasselbe ist farb-, geschmack- und geruchlos, ohne Einwirkung auf Reagenspapier, und zeigte 11,2° C bei 15° C Lufttemperatur. Absätze wurden bei der Quelle nicht vorgefunden. Die in der Stunde gelieferte Wassermenge beträgt 30 Liter.

In 1 Liter fand ich feste Bestandtheile in Gramm:

KCl	= 0,00221	oder K_2O	= 0,00162	K_2O	= 0,71 %
$NaCl$	= 0,00379	Na_2O	= 0,00193	Na_2O	= 0,84 „
$CaCl_2$	= 0,01143	CaO	= 0,08049	CaO	= 35,23 „
$Ca(NO_3)_2$	= 0,00324	MgO	= 0,03104	MgO	= 13,60 „
$CaSO_4$	= 0,01179	FeO	= 0,00153	FeO	= 0,67 „
$CaCO_3$	= 0,12159	NH_3	= Spur	MnO	= Spur
$MgCO_3$	= 0,06518	Cl	= 0,01063	NH_3	= Spur
$FeCO_3$	= 0,00246	SO_3	= 0,00610	Cl	= 4,65 „
SiO_2	= 0,00450	CO_2 geb.	= 0,08827	SO_3	= 2,67 „
	Sa. 0,22619	N_2O_5	= 0,00216	CO_2 geb.	= 38,68 „
Freie u. halbgebundene		N_2O_3	= Spur	N_2O_5	= 0,94 „
CO_2 = 0,2223.		SiO_2	= 0,00450	N_2O_3	= Spur
Sauerstoff z. Oxydation			Sa. 0,22817.	SiO_2	= 1,97 „
0,00081.					Sa. 99,96 %

Der Säuerling von Lendershausen bei Hofheim.

In nächster Nähe des Dorfes Lendershausen, ungefähr $^1/_2$ Stunde westlich von dem zwischen Hassfurt und Königshofen gelegenen Städtchen Hofheim, entspringt mitten im Walde auf einer in nächster Nähe nachweisbaren Verwerfungsspalte eine in Sandsteinquadern gefasste Mineralquelle aus dem Lettenkohlensandstein. Das Wasser wird von den Bewohnern der Umgegend wegen seines vorzüglichen Geschmackes sehr gerne getrunken und seiner ausgezeichneten Wirkung wegen gerühmt.

Dasselbe ist durch ausgeschiedenes Eisenoxydhydrat etwas gelblich gefärbt, stark perlend, schmeckt nach Kohlensäure und

in nicht unangenehmer Weise nach Eisen. Beim Stehen entwickelt es an den Wandungen des Gefässes eine Unzahl von Kohlensäurebläschen und es entsteht bei längerem Verweilen an der Luft ein gelblicher Niederschlag. Auch beim Kochen entsteht derselbe. Er enthält Fe_2O_3, CaO, Spuren von MgO und MnO nebst CO_2. Die Temperatur mass ich zu 10° C bei 7,5° C Lufttemperatur. Leider war es auch hier durch die Art der Fassung unmöglich gemacht, Ocker zu erhalten.

1 Liter enthält nach meiner Analyse:

NaCl	= 0,00385 g	K_2O	= 0,00449 g
KCl	= 0,00606 „	Na_2O	= 0,00335 „
$CaCl_2$	= 0,02441 „	CaO	= 0,14280 „
$CaSO_4$	= 0,02384 „	MgO	= 0,05575 „
$CaCO_3$	= 0,21144 „	FeO	= 0,00729 „
$MgCO_3$	= 0,11707 „	Cl	= 0,02237 „
$FeCO_3$	= 0,01173 „	SO_3	= 0,01235 „
N_2O_5	= Spur „	CO_2 geb.	= 0,15841 „
SiO_2	= 0,02200 „	N_2O_5	= Spur „
	Sa. 0,42040 g	SiO_2	= 0,02200 „
			Sa. 0,42881 g.

Freie u. halbgebundene CO_2 = 1,6343 g.

Sauerstoff z. Oxydation — Spur.

100 Theile Rückstand enthalten:

K_2O	= 1,04 %
Na_2O	= 0,78 „
CaO	= 33,22 „
MgO	= 13,00 „
FeO	= 1,70 „
SO_3	= 2,88 „
Cl	= 5,21 „
CO_2 geb.	= 36,94 „
N_2O_5	= Spur „
SiO_2	= 5,13 „
	Sa. 99,90 %

Eine von *v. Bibra*[1]) ausgeführte Analyse von Lettenkohlensandstein von Waigoldshausen ergab:

SiO_2	=	81,1
Al_2O_3	=	10,0
Fe_2O_3	=	5,7
H_2O	=	2,3
CaO	=	Spuren
Verlust	=	0,9
	Sa.	100,0

Schon diese Analyse zeigt, wie wenig die Wasser, welche durch diesen Sandstein circuliren, lösen können. Nur durch Zutritt grösserer Mengen von Kohlensäure ist es möglich, dass Bestandtheile des Bindemittels in das Wasser übergehen, wie dieses hauptsächlich bei der Lendershauser Quelle der Fall ist. Dieselbe zählt zu den an Kohlensäure reichsten Quellen Unterfrankens. Ihr Gehalt an FeO, sowie der an SiO_2 wird von keiner anderen erreicht; derselbe wird aber bedingt durch die grossen Mengen freier Kohlensäure, welche beide in Lösung hält.

[1]) *v. Bibra:* Erdmann Journal f. prakt. Chem. XIX. Bd. S. 81.

Wasser der Lettenkohlen-Gruppe.

1 Liter enthält in Gramm:

	KCl	NaCl	$CaCl_2$	$CaSO_4$	$CaCO_3$	$MgCO_3$	$FeCO_3$	$Ca(NO_3)_2$	N_2O_5	SiO_2	Temperatur	Freie und halbgeb. CO_2	Summa
Faulenberg	0,00221	0,00379	0,01143	0,01179	0,12159	0,06518	0,03246	0,00321		0,00450	11,2° C	0,22230	0,22619
Lendershausen	0,00606	0,00385	0,02441	0,02384	0,21141	0,11707	0,01173	-	Spur	0,02200	10° „	1,63430	0,42040

Das entspricht in 1 Liter:

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	FeO	NH_3	SO_3	Cl	CO_2 geb.	SiO_2	N_2O_5	N_2O_3	Summa
Faulenberg	0,00162	0,00193	0,08049	0,03104	0,00453	Spur	0,00610	0,01063	0,08827	0,00450	0,00216	Spur	0,22817
Lendershausen	0,00449	0,00335	0,14280	0,05575	0,00729	—	0,01235	0,02237	0,15841	0,02200	Spur	—	0,42881

100 Theile Rückstand enthalten %

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	FeO	NH_3	SO_3	Cl	CO_2 geb.	SiO_2	N_2O_5	N_2O_3	Summa
Faulenberg	0,71	0,84	35,23	13,60	0,67	Spur	2,67	4,65	38,68	1,97	0,94	Spur	99,96
Lendershausen	1,04	0,78	33,22	13,00	1,70	—	2,88	5,21	36,94	5,13	Spur	- -	99,90

D. Wasser des Keupers.

Der Keuper, die nach oben abschliessende Gruppe der Trias, zeichnet sich durch grossen Wasserreichthum aus. Die Entwickelung desselben gibt Professor *v. Sandberger* [1]) folgendermassen an:

I.	Bunte Mergel mit Gypsstöcken und Steinmergel-Bänken; von letzteren zeichnen sich aus: in der Unterregion eine Bleiglanz und Kupferkies führende mit Myophoria Raibliana und Corbula, höher mehrere mit Estheria laxitexta, Sauriern und Fischen, ganz oben eine letzte mit Modiola subdimidiata Sandb. (Prappach, Zeil, Hochwand)	181,5 m
II.	Schilfsandstein	12,5 „
III.	Bunte Mergel mit einer Kalkbank voll Murchisonia Theodorii, Trigonodus und Avicula gansingensis (Lehrberger Schicht *Gümbels*), Gypsstöcke nur vereinzelt . .	29,0 „
IV.	Semionotus-Sandstein, kieseliger Sandstein und dolomitische Arkosen nebst bunten Mergeln und selten auch Gyps (Brühl b/Castell, Kleinerlenbach b/Neustadt an der Aisch). Mächtigkeit wechselnd, ungefähr .	58,0 „
V.	Grobkörniger Sandstein mit bunten Mergeln und lokalen Dolomitbänken (Stubensandstein). Mächtigkeit wechselnd ungefähr .	60 „
VI.	Dunkelrother Schieferletten (Region des Zanclodon). Mächtigkeit wechselnd, ungef.	25,0 „
		366,0 m

Die wichtigste und mächtigste Schichten-Gruppe des Keupers ist diejenige der Gypsmergel (I. d. Protils). Dieselbe ist unzweifelhaft eine Ablagerung von in Gyps umgewandeltem Anhydrit, der von Mutterlaugensalzen begleitet wird.

---

[1]) Die Triasformation im mittleren Maingebiete. Gemeinn. Wochenschrift 1882 S. 38.

Das Wasser, das aus dieser Region zu Tage tritt, ist mit Salzen beladen und sehr häufig fast ungeniessbar. Neben grossen Mengen von Gyps treten auch schwefelsaure Magnesia und Chloride der Alkalien und des Calciums auf. Es ist deshalb durchaus nicht zu verwundern, dass diese Wasser nicht gerne getrunken werden, und da, wo Menschen auf dieselben allein angewiesen sind, Krankheiten der verschiedensten Art, z. B. Kropf, auch Cretinismus, durch den längeren Genuss hervorgerufen werden.

Dagegen liefern die oberen Schichten des Keupers, der Schilfsandstein, der Semionotus- und der Stubensandstein, Wasser von fast chemischer Reinheit, die in ihrer Verwendbarkeit für Haus- und Küchengebrauch, sowie für jeden technischen Zweck nur von den Buntsandsteinwassern erreicht werden.

Zuweilen finden sich indessen zwischen den Lagen des Sandsteins solche von Gyps und Salzmergel eingebettet, aus welchen dann natürlich Wasser entspringen, die reich an schwefelsauren Salzen und Chloriden sind. Dies ist der Fall bei den Quellen von Friedrichshall in Meiningen und der Badequelle des Wildbades Burgbernheim. Erstere tritt aus dem Semionotus-Sandstein aus, während die Burgbernheimer Quelle dem Schilfsandstein angehört. Bei letzterer trägt zur Erhöhung des Gehaltes an schwefelsauren Salzen auch noch das Vorkommen von Eisenkies in den oberen Schichten des Sandsteins viel bei. Der Eisenkies zersetzt sich bei Einwirkung von Luft und Wasser in $FeSO_4$ und freie Schwefelsäure. Letztere wirkt direct auf das Bindemittel des Schilfsandsteins, welches zum grössten Theil aus $FeCO_3$, $CaCO_3$ mit viel $MgCO_3$[1]) besteht, ein. Das Eisensulfat dagegen setzt sich seinerseits wieder mit $CaCO_3$ und $MgCO_3$ in $CaSO_4$ resp. $MgSO_4$ und $FeCO_3$ um.

Ueber die chemische Zusammensetzung von Keuperschichten liegt eine Reihe von *v. Bibra*[2]) ausgeführten Analysen vor, doch sind in denselben leider die in Wasser löslichen Bestandtheile der Gesteine meist nicht berücksichtigt.

---

1) Nach eigener Untersuchung; Freiherr *v. Bibra* scheint dies bei den citirten Untersuchungen übersehen zu haben.

2) *v. Bibra:* Chem. Untersuch. einiger Formen d. fränk. Keupergebirges Erdmann Journ. f. pract. Chem. XIX. Bd. S. 21 ff. u. 80 ff.

Bunter Mergel von Grettstadt:
(graugrüne Varietät)

SiO_2	=	32,5
$CaCO_3$	=	26,5
$MgCO_3$	=	13,8
Al_2O_3	=	9,9
Fe_2O_3	=	11,7
H_2O	=	5,3
Cl und Verlust	=	0,3
	Sa.	100,00

Der Gyps zwischen diesem Mergel bei Sulzheim enthielt:

CaO	=	31,657
SO_3	=	45,164
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	=	1,400
H_2O	=	20,200
Na_2O und Verlust	=	1,379
SiO_2	=	0,200
	Sa.	100,000

Rother Mergel von Traustadt:

SiO_2	=	44,1
$CaCO_3$	=	12,3
$MgCO_3$	=	11,3
Al_2O_3	=	15,0
Fe_2O_3	=	11,2
H_2O	=	5,1
Cl und Verlust	=	1,0
	Sa.	100,0

Schilfsandstein von Zeil:

SiO_2	=	75,4
CaO	=	2,8
MgO	=	1,4
Al_2O_3	=	11,7
Fe_2O_3	=	3,0
H_2O	=	3,5
Cl, Na_2O und Verlust	=	2,2
	Sa.	100,0

Semionotus-Sandstein vom Zabelstein:

SiO_2	=	92,2
CaO	=	0,7
MgO	=	1,1
Al_2O_3	=	4,0
Fe_2O_3	=	1,0
H_2O	=	0,5
Verlust	=	0,5
	Sa.	100,0

Stubensandstein von Bamberg:

SiO_2	=	91,4
CaO	=	1,7
MgO	=	0,4
Al_2O_3	=	2,6
Fe_2O_3	=	1,6
H_2O	=	1,9
Cl und Verlust	=	0,4
	Sa.	100,0

Dass aus diesen letzteren Sandsteinen das Wasser nichts oder nur geringe Mengen von CaO und MgO auslaugen kann, ist aus diesen Analysen klar ersichtlich. Dagegen bieten die Mergel und die zwischen diesen liegenden Bänke und Gypsschnüre dem Wasser reichlich lösliche Mineralbestandtheile dar und der schon besprochene hohe Gehalt an solchen in den Wassern, welche aus dieser Region des Keupers austreten, erklärt sich daher leicht.

1. Das Wasser des unteren oder Gyps-Keupers.

Zur Untersuchung eines der letzteren Kategorie angehörenden Wassers benützte ich das des Hofheimer Stadtbrunnens; derselbe ist trotz der schlechten Beschaffenheit des gelieferten Wassers bis heutigen Tages noch der Hauptwasserversorger des Städtchens Hofheim bei Hassfurt.

Der Hofheimer Stadtbrunnen.

Das Wasser ist farb- und geruchlos, schmeckt schwach bitter und gibt keine Reaction mit Reagenspapier. Die Temperatur beträgt 10,8° C bei 12,5° C Lufttemperatur.

1 Liter enthält nach meiner Analyse:

KCl	=	0,04535 g
$NaCl$	=	0,02705 „
$CaCl_2$	=	0,06429 „
$Ca(NO_2)_2$	=	0,03473 „
NH_4NO_3	=	Spur „
$Ca(NO_3)_2$	=	0,04555 „
$CaSO_4$	=	0,28233 „
$MgSO_4$	=	0,01318 „
$MgCO_3$	=	0,28169 „
SiO_2	=	0,00740 „
$FeCO_3$	=	0,00188 „
	Sa.	0,80345 g.

Freie und halbgebundene CO_2 = 0,15778.
Spuren von P_2O_5, B_2O_3 u. H_2S.
Sauerstoff zur Oxyd. der org. Subst. = 0,000161 g per Liter.

Das entspricht in 1 Liter Wasser:

K_2O	=	0,03330 g
Na_2O	=	0,01384 „
NH_3	=	0,00002 „
FeO	=	0,00117 „
CaO	=	0,17910 „
MgO	=	0,14732 „
N_2O_3	=	0,02000 „
N_2O_5	=	0,03010 „
Cl	=	0,07801 „
SO_3	=	0,17348 „
CO_2 geb.	=	0,15006 „
SiO_2	=	0,00740 „
	Sa.	0,83380 g.

100 Theile Rückstand enthalten:

K_2O	=	3,95 %
Na_2O	=	1,64 „
NH_3	=	Spur
CaO	=	21,29 „
MgO	=	17,51 „
FeO	=	0,13 „
N_2O_3	=	2,37 „
N_2O_5	=	3,56 „
Cl	=	9,27 „
SO_3	=	20,38 „
CO_2 geb.	=	18,95 „
SiO_2	=	0,19 „
	Sa.	99,24 %

Die Quellen des Ludwigsbades bei Wipfeld.

Einer Versenkungsspalte, die von Essleben in der Richtung von W nach O zieht und in welcher die Schichten der unteren Gypsregion des Keupers zwischen Muschelkalk eingeklemmt liegen, entspringen die Quellen des Bades Wipfeld. Dasselbe liegt in dem engen, in O, N und W durch vorgelagerte Berge geschützten Mainthale, ungefähr in der Mitte zwischen den Städten Schweinfurt und Kitzingen.

Die schon seit längerer Zeit bewährten Heilquellen wurden verschiedene Male untersucht und gebe ich nachstehend die Analysen, welche Professor *v. Scherer*[1]) s. Z. ausführte.

1 Liter der Schwefelquelle enthielt in Gramm:

H_2S	=	0,117			
CO_2	=	0,520			
$CaSO_4$	=	1,04000	oder	CaO	= 0,58838
$MgSO_4$	=	0,19838		MgO	= 0,07948
$CaCO_3$	=	0,28925		FeO	= Spuren
$MgCO_3$	=	0,02925		Cl	= Spuren
FeO	=	Spuren		SO_3	= 0,74652
Cl	=	Spuren		CO_2 geb.	= 0,14250
Extract	=	0,00390		Extract	= 0,00390
Sa. d. festen Bestandtheile		1,56078 g.		Sa.	1,56078 g.

[1]) Das Ludwigsbad Wipfeld von Dr. *Gregor Schmitt.* Würzburg bei Stahel 1875. S. 50.

Für die Schilfquelle erhielt *v. Scherer* in 1 Liter:

$CaSO_4$	= 1,13243 g	oder	K_2O	= 0,00229 g	
$MgSO_4$	= 0,27196 „		CaO	= 0,56960 „	
$CaCO_3$	= 0,18824 „		MgO	= 0,11626 „	
$MgCO_3$	= 0,05525 „		FeO	= 0,00169 „	
$FeCO_3$	= 0,00273 „		Cl	= 0,00174 „	
KCl	= 0,00364 „		SO_3	= 0,85046 „	
Extract	= 0,00416 „		CO_2 geb.	= 0,11260 „	
			Extract	= 0 00416 „	
	Sa. 1,65841 g.			Sa. 1,65880 g.	

Freie CO_2: nicht bestimmt.

100 Theile Rückstand enthalten:

Schwefelquelle:		Schilfquelle:	
K_2O	= —	K_2O	= 0,13 %
CaO	= 37,69 %	CaO	= 34,34 „
MgO	= 5,09 „	MgO	= 7,00 „
FeO	= Spur „	Cl	= 0,10 „
Cl	= Spur „	FeO	= 0,10 „
SO_3	= 47,83 „	SO_3	= 51,26 „
CO_2 geb.	= 9,12 „	CO_2 geb.	= 6,77 „
Extract	= 0,24 „	Extract	= 0,25 „
	Sa. 99,97 %		Sa. 99,95 %

Die grösseren oder geringeren Mengen von Schwefelwasserstoff, welche hier sowohl als in den Quellen der Anhydritgruppe, wie Hassfurt. Wonfurt und Sennfeld, vorkommen, dürften ihre Entstehung den reducirenden Eigenschaften organischer Stoffe auf die schwefelsauren Salze des Wassers verdanken. In der That findet überall da, wo das Wasser, welches schwefelsaure Salze in grösserer Menge gelöst enthält, mit organischen Stoffen in genügender Menge zusammentrifft, eine starke Schwefelwasserstoffbildung statt.

Ich erhielt Beweise dafür durch den Ortsbrunnen von Lendershausen. Dieser Pumpbrunnen gehört dem Gypskeuper an, in seiner nächsten Nähe befinden sich Dungstätten, welche organische Substanz dem Boden in Masse zuführen. Beim Aufschlagen des Wasserstrahls auf den Brunnenstein verbreitet sich ein solch intensiver Geruch nach Schwefelwasserstoff, dass ich denselben noch in einer Entfernung von 3—4 m vom Brunnen wahrnahm. Eine weitere Stütze erhält diese Ansicht durch folgende Thatsache. Bei der in jüngster Zeit vorgenommenen Untersuchung der Quellen des Wildbades Burgbernheim, welche auch Schwefelwasserstoff, aber nur wenig, dagegen viel schwefelsaure Salze enthalten, fand ich, dass das Wasser, welches längere Zeit in dem hölzernen alten Pumpenstiefel gestanden war, viel mehr Schwefelwasserstoff enthielt, als das im Brunnen direkt geschöpfte.

2. Das Wasser des Schilfsandsteins.

Die einzige mir bekannte Quelle des Schilfsandsteins in Unterfranken, diejenige, welche am Schwanberg entspringt, war durch schlechte Fassung und durch Zufluss von Tagwasser so verunreinigt, dass sie einer Untersuchung nicht unterzogen werden konnte. Es wurde deshalb die Badequelle des unfern der unterfränkischen Grenze in Mittelfranken gelegenen Wildbades Burgbernheim untersucht. Dieses Wildbad liegt etwa $^1/_2$ Stunde von der Station Burgbernheim der Würzburg-Münchener Staatsbahn, mitten in einem mit dichten Wäldern umgebenen Thale. Fünf Quellen von nahezu gleicher Zusammensetzung entspringen dort aus dem anstehenden Schilfsandstein.

Zur chemischen Untersuchung benützte ich das Wasser der Trinkquelle. Dasselbe ist klar und farblos. Es besitzt schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoff (s. o.) und hatte eine Temperatur von 8,1° C bei einer Lufttemperatur von 18° C. Beim Erwärmen zeigt es geringe Spuren von freier Kohlensäure und gibt einen Niederschlag, der aus Gyps und kohlensaurer Magnesia mit Spuren von kohlensaurem Kalk besteht.

In 1 Liter fand ich:

KCl	= 0,01335 g	oder K_2O	= 0,00841 g	100 Theile Rückstand enthalten:	
$NaCl$	= 0,01000 „	Na_2O	= 0,00530 „		
$CaCl_2$	= 0,00762 „	CaO	= 0,21760 „	K_2O	= 1,13 %
$CaSO_4$	= 0,44898 „	MgO	= 0,08769 „	Na_2O	= 0,72 „
$CaCO_3$	= 0,05519 „	FeO	= 0,00198 „	CaO	= 29,76 „
$MgCO_3$	= 0,18900 „	SO_3	= 0,26411 „	MgO	= 12,17 „
$FeCO_3$	= 0,00316 „	Cl	= 0,01730 „	FeO	= 0,27 „
SiO_2	= 0,00700 „	CO_2 geb.	= 0,12515 „	SO_3	= 35,72 „
	Sa. 0,73430 g.	SiO_2	= 0,00700 „	Cl	= 2,34 „
Freie CO_2	= 0,00249 g.		Sa. 0,73454 g.	CO_2 geb.	= 16,93 „
Spuren von H_2S u. org. Subst.				SiO_2	= 0,94 „
					Sa. 99,98 %

3. Das Wasser des Semionotus-Sandsteins.

In Unterfranken selbst war mir z. Z. keine der Quellen, welche aus dem Semionotus-Sandstein entspringen, zugänglich. Deshalb möge mir gestattet sein, die Analyse der bekannten Bitterwasser-Quelle zu Friedrichshall im Herzogthum Meiningen, welche ganz nahe an der unterfränkischen Grenze liegt, anzu-

fügen, umsomehr als schon *v. Gümbel* 1864 die Wahrscheinlichkeit betont hat, dass dasselbe Wasser auch diesseits der Grenze werde erlangt werden können. Die Analyse ist von *v. Liebig* ausgeführt [1]). Der Ursprung aus dem Semionotus-Sandstein und die Gründe für den hohen Gehalt an Mineralbestandtheilen sind schon S. 57 besprochen worden.

Die Temperatur des Wassers beträgt 8,1° C. Dasselbe ist klar, farblos, zeigt kaum Spuren von freier CO_2; es ist geruchlos und hat einen stark salzigen bitterlichen Geschmack; an der Luft trübt es sich nicht. Beim Erhitzen setzt es einen Niederschlag von $MgCO_3$ mit Spuren von $CaCO_3$ und Gyps ab.

In 1 Liter sind enthalten:			Das entspricht:			100 Theile Rückstand enthalten:		
Na_2SO_4	=	6,0560 g	K_2O	=	0,10703 g	K_2O	=	0,43 %
K_2SO_4	=	0,1982 „	Na_2O	=	6,88130 „	Na_2O	=	27,82 „
$MgSO_4$	=	5,1502 „	CaO	=	0,56029 „	CaO	=	2,26 „
$CaSO_4$	=	1,3465 „	MgO	=	3,03885 „	MgO	=	12,28 „
$NaCl$	=	7,9560 „	SO_3	=	7,71188 „	SO_3	=	31,14 „
$MgCl_2$	=	3,9390 „	Cl	=	6,05709 „	Cl	=	24,49 „
$MgBr_2$	=	0,1140 „	Br	=	0,09918 „	Br	=	0,40 „
$MgCO_3$	=	0,5198 „	CO_2 geb.	=	0,27677 „	CO_2 geb.	=	1,20 „
$CaCO_3$	=	0,0147 „						
Sa.		25,2944 g.	Sa.		24,73239 g.	Sa.		100,02 %

In Spuren vorhanden: Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2, NH_3.
Freie CO_2 = 0,402 '.

Bemerkenswerth ist die vollständige Abwesenheit von Jod bei ziemlich grosser Menge von Brom, ein Beweis dafür, dass Jod und Brom nicht immer zusammen vorkommen müssen. Nach *Liebig* sind Na_2SO_4 und $MgSO_4$ im Wasser als Doppelsalze vorhanden. Es wäre demnach mit Berücksichtigung der Anwesenheit von $MgCl_2$, $CaCl_2$ und K_2SO_4 das Wasser eine Lösung von Mutterlaugensalzen, wie sie in Steinsalz führenden Ablagerungen verschiedener Formationen auch vorkommen. Dass sich solche Schichten bei der Ablagerung des Semionotus-Sandsteins mit niedergeschlagen haben, ist ein weiterer sicherer Beweis dafür, dass derselbe unter Mitwirkung meerischer Gewässer gebildet worden ist.

---

[1]) *v. Liebig:* Analyse des Bitterwassers von Friedrichshall. Ann. Chem. Pharm. LXIII. S. 127 ff.

Wasser der

1 Liter enthält

		KCl	NaCl	$CaCl_2$	$Ca(NO_2)_2$	$Ca(NO_3)_2$	$CaSO_4$	$MgSO_4$
Unterer oder Gyps-Keuper	Hofheim	0,04535	0,02705	0,06429	0,03473	0,04555	0,28233	0,01318
	Wipfeld Schwefelquelle	—	—	—	—	—	1,04000	0,19838
	Wipfeld Schilfquelle	0,00364	—	—	—	—	1,13243	0,27196
Schilfsandstein	Burgbernheim	0,01335	0,01000	0,00762	—	—	0,44898	—
Semionotus-Sands.	Friedrichshall Meiningen	—	7,95600	—	—	—	1,34650	5,15020

Das entspricht

		K_2O	Na_2O	NH_3	CaO	MgO	FeO
Unterer oder Gyps-Keuper	Hofheim	0,03330	0,01384	0,00002	0,17910	0,14732	0,00117
	Wipfeld Schwefelquelle	—	—	—	0,58838	0,07948	Spur
	Wipfeld Schilfquelle	0,00229	—	—	0,56960	0,11626	0,00169
Schilfsandstein	Burgbernheim	0,00841	0,00530	—	0,21760	0,08769	0,00198
Semionotus-Sands.	Friedrichshall Meiningen	0,10703	6,88130	Spur	0,56029	3,03885	Spur

100 Theile Rück

		K_2O	Na_2O	NH_3	CaO	MgO	FeO
Unterer oder Gyps-Keuper	Hofheim	3,95	1,64	Spur	21,29	17,51	0,13
	Wipfeld Schwefelquelle	—	—	—	37,69	5,09	Spur
	Wipfeld Schilfquelle	0,13	—	—	34,34	7,00	0,10
Schilfsandstein	Burgbernheim	1,13	0,72	—	29,76	12,17	0,27
Semionotus-Sands.	Friedrichshall Meiningen	0,43	27,82	Spur	2,26	12,28	Spur

Keuperformation.

in Gramm:

$MgCO_3$	SiO_2	$FeCO_3$	$CaCO_3$	H_2S	Na_2SO_4	K_2SO_4	$MgCl_2$	$MgBr_2$	Extract	Freie u. halbgeb. CO_2	Temperatur	Summa
0,28169	0,00740	0,00188	—	Spur	—	—	—	—	—	0,15778	10,8°C	0,80345
0,02925	—	Spur	0,28925	0,11700	—	—	—	—	0,00390	0,52000	—	1,56078
0,05525	—	0,00273	0,18824	—	—	—	—	—	0,00416	nicht bestimmt	—	1,65841
0,18900	0,00700	0,00316	0,05519	—	—	—	—	—	—	0,00249	8,1°C	0,73430
0,51980	Spur	Spur	0,01470	—	6,05600	0,19820	3,93900	0,11400	—	0,40200	8,1°C	25,29440

in 1 Liter:

N_2O_3	N_2O_5	Cl	SO_3	Gebund. CO_2	SiO_2	P_2O_5	B_2O_3	H_2S	Br	Extract	Summa
0,00200	0,03010	0,07801	0,17348	0,15006	0,00740	Spur	Spur	Spur	—		0,83380
—	—	Spur	0,74652	0,14250	—	—	—	0,11700	—	0,00390	1,56078
—	—	0,00174	0,85046	0,11260	—	—	—	—	—	0,00416	1,65880
—	—	0,01730	0,26411	0,12515	0,00700	—	—	sehr deutlich	—	Spur	0,73454
—	—	6,05709	7,71188	0,27677	Spur	—	—	—	0,09918	—	24,73239

stand enthalten %

N_2O_3	N_2O_5	Cl	SO_3	Gebund. CO_2	SiO_2	P_2O_5	B_2O_3	Br	Extract	Summa
2,37	3,56	9,27	20,38	18,95	0,19	Spur	Spur	—	—	99,24
—	—	Spur	47,83	9,12	—	—	—	—	0,24	99,97
—	—	0,10	51,26	6,77	—	—	—	—	0,25	99,95
—	—	2,34	35,72	16,93	0,94	—	—	—	Spur	99,98
—	—	24,49	31,14	1,20	Spur	—	—	0,40	—	100,02

Anhang.

Ein Wasser des Basalts.

Unter den Basalt-Bergen der Rhön nimmt der Kreuzberg in Bezug auf Höhe und landschaftliche Schönheit eine der ersten Stellen ein. Er erhebt sich 930,3 m über die Nordsee und an der Westseite liegt 96 m tiefer ein Franziskanerkloster nebst Kirche, ein im ganzen Frankenland bekannter Wallfahrtsort. Zwischen der mit einem Observatorium und einem hohen Kreuze gekrönten Spitze des Berges, zu welcher vom Kloster ein mit Stationen versehener Wallfahrtsweg führt, und dem Kloster selbst tritt eine Quelle zu Tage, welche ungefähr 70 m basaltischen Bodens durchsickert hat. Dieselbe wird von den Franziskanern als Trinkquelle benützt und ist zu dem Zweck durch eine Leitung mit dem Kloster verbunden.

Es war nun von grossem Interesse zu erfahren, wieviel und welche Bestandtheile das Wasser aus dem Basaltboden auf seinem kurzen Laufe aufgelöst hat, weshalb ich auch eine Analyse des Wassers ausführte. Herrn Kgl. Pfarrer *Millemann* in Bischofsheim v. d. Rhön, durch dessen Güte und Bemühungen ich eine genügende Anzahl Flaschen des unter den erforderlichen Sicherheitsmassregeln geschöpften Wassers zugesendet erhielt, bin ich zu grossem Danke verpflichtet; es möge mir gestattet sein, denselben auch an dieser Stelle auszusprechen.

Der Basalt des Kreuzberges ist ein Nephelinbasalt und hat nach den Analysen von *H. H. Schmid* und *Bredemann* folgende Zusammensetzung.

	E. E. Schmid [1]	Bredemann [2]
SiO_2	= 36,68 %	35,77 %
TiO_2	= —	0,46 „
Al_2O_3	= 14,34 „	13,43 „
Fe_2O_3	= 22,30 „	16,79 „
FeO	= —	3,98 „
MnO	= —	Spur
CaO	= 15,59 „	15,04 „
MgO	= 9,18 „	8,84 „
Na_2O	= 3,93 „	3,81 „
K_2O	= 0,77 „	0,71 „
P_2O_5	= —	0,72 „
Cl	= —	Spur
H_2O	= —	1,03 „
	Sa. 102,79 %	Sa. 100,58 %

[1]) *E. E. Schmid.* Pogg. Ann. 89. 1853. S. 291.

[2]) *Bredemann:* Basalte der Rhön. Inaug.-Diss. Jena 1874.

Aus dem gepulverten Basalt erhielt ich beim Auslaugen mit Wasser Reactionen auf Schwefelsäure und Chlor.

Die Analyse des Kreuzberg-Wassers ergab Folgendes: Die Temperatur beträgt 7,5° C. Das Wasser ist klar, farblos, geruch- und geschmacklos, welche Eigenschaften es auch beim Erhitzen beibehält. Es lässt weder saure noch alkalische Reaction wahrnehmen.

1 Liter enthält:		Gefunden:		100 Theile Rückstand enthalten:	
$NaCl$	= 0,00310 g	Na_2O	= 0,00164 g	Na_2O	= 7,29 %
$CaSO_4$	= 0,00650 „	CaO	= 0,00310 „	CaO	= 13,78 „
$CaCO_3$	= 0,00078 „	MgO	= 0,00100 „	MgO	= 4,44 „
$MgCO_3$	= 0,00210 „	FeO	= 0,00144 „	FeO	= 6,40 „
$FeCO_3$	= 0,00231 „	Cl	= 0,00276 „	Cl	= 12,27 „
SiO_2	= 0,00640 „	SO_3	= 0,00384 „	SO_3	= 17,07 „
Sa.	0,02119 g.	SiO_2	= 0,00640 „	SiO_2	= 28,45 „
Freie u. halbgebundene CO_2	= 0,01489 g.	CO_2 geb.	= 0,00231 „	CO_2 geb.	= 10,26 „
		Sa.	0,02249 g.	Sa	99,96 %

Die in dem Wasser vorhandenen Mengen von Chlor und Schwefelsäure verdanken ihren Ursprung wohl dem im Basalt vorhandenen löslichen Chlornatrium und dem in demselben leicht nachweisbaren Magnetkiese.

Rückblick.

Zum Schlusse möge es mir gestattet sein, die Ergebnisse der Arbeit nochmals kurz zu erörtern.

Unterfranken ist im Grossen und Ganzen ein an Quellen reiches Gebiet; aber die meisten und namentlich alle Heilquellen haben ihren Ursprung in den geschichteten Gesteinen, während das Urgebirge im Ganzen an Quellen arm ist. Die geologische Thätigkeit dieser Quellen ist eine ungeheuere, denn viele Tausende von Kilogramm fester Bestandtheile werden jährlich durch dieselben aus dem Innern des Erdbodens auf die Oberfläche geschafft, wovon Ablagerungen von Tuffen und Ockern Zeugniss geben.

Sämmtliche Wasser einer Formationsgruppe lassen, namentlich in der procentischen Zusammensetzung des Rückstandes den gemeinschaftlichen Ursprung erkennen. Es lässt sich deshalb eine Classification der Wasser unter Zugrundelegung ihrer geologischen Ursprungsorte durchführen, ja dieselbe scheint geboten.

Es ergibt sich alsdann, dass sämmtliche Heilquellen Unterfrankens und gerade die wichtigsten, wie die Kissinger, dem Zechstein und der Anhydritgruppe der Muschelkalkformation, sowie dem unteren Keuper angehören, also solchen Schichtencomplexen, welche sich durch Einlagerungen von Steinsalz und Gypsmergeln auszeichnen. Die hier circulirenden Wassermassen sind ausserordentlich grosse.

Eine zweite Reihe von ganz anderen, aber vorzüglichen Quellen liefern die Sandsteine der Buntsandstein-Formation, der Lettenkohlengruppe und des oberen Keupers. Hier ist es das Bindemittel, namentlich das eisenreiche der letzteren, welches unter der Einwirkung von Kohlensäure den Quellen die Mineralbestandtheile liefert und treffliche eisenhaltige Säuerlinge ergibt, wie die von Brückenau und Lendershausen.

Dass demnach die Quellen der Zechsteinformation, der Anhydritgruppe des Muschelkalks und der Sandsteine der Trias einen wahren Schatz des betr. Gebietes bilden, darf mit Grund behauptet werden. Der Werth der Quellen letzterer Categorie, namentlich des Buntsandsteins, wird noch dadurch erhöht, dass sie überall, wo nicht gerade durch örtliche Verhältnisse grosse Mengen von Kohlensäure vorhanden sind, ein fast chemisch reines Wasser liefern, welches für jeden Zweck der chemischen Industrie verwendbar, für die meisten sogar unentbehrlich ist. — Aus diesem Grunde findet man im Gebiete des Buntsandsteins am Untermain eine Anzahl von Gewerben, namentlich Gerbereien und Färbereien, in lebhaftem Gange, welche in anderen Theilen des Kreises nur bei Verwendung von weichem Flusswasser betrieben werden können.

Dagegen bieten der Zechstein, der Röth, der Wellenkalk, der Muschelkalk, die Anhydritgruppe und der untere Keuper, wenn nicht gerade bei letzteren durch glückliches Zusammentreffen verschiedener Umstände Heilquellen zu Tage treten, Wasser dar, die durch ihren hohen Gehalt an gelösten Salzen (hohen Härtegrad) für technische Zwecke unbrauchbar sind und nur bedingungsweise als Trinkwasser und zum Hausgebrauche zugelassen werden sollten.

Bemerkenswerth ist, dass fast alle Heilquellen Unterfrankens auf Verwerfungsspalten austreten, namentlich alle die, welche grosse Mengen von freier Kohlensäure enthalten. Höchst wahrscheinlich liegen die Quellen von Kothen, Riedenberg, ein Theil

der Kissinger, die Hassfurter und Wonfurter Quellen auf einer einen grossen Theil von Unterfranken in der Richtung NW nach SO quer durchziehenden Verwerfungsspalte, die sich vielleicht auch noch nach Mittelfranken fortsetzt.

Was die gelösten Mineralbestandtheile anbetrifft, so lassen sich alle Körper, wenn auch in Spuren, in dem Wasser nachweisen, die im Ursprungsgestein vorhanden sind. Dieselben sind somit einerseits abhängig von der Beschaffenheit der auszulaugenden Schichten, also von den geologischen Verhältnissen und andererseits von den zur Verfügung stehenden Mengen von Kohlensäure. Es lässt sich daher aus der geologischen Beschaffenheit des Ursprungsortes auf das Wasser und aus der chemischen Beschaffenheit des Wassers auf den Ursprungsort schliessen. Der Gehalt an festen Bestandtheilen nimmt aber auch mit dem Gehalte an Chlornatrium zu, indem die schwefelsauren und kohlensauren Salze in solchen Wassern leichter löslich sind, als in davon freien.

Fast alle Quellen setzen Ocker ab, in welchem Eisenoxydhydrat und die kohlensauren Salze vorherrschen. Dies ist hauptsächlich der Fall in der Nähe des Austritts der Quelle, während schwefelsaure und andere Verbindungen erst weiter von der Quelle entfernt abgesetzt werden. In den Ockern selbst erscheinen auch alle jene Bestandtheile concentrirt, welche in den Ursprungsgesteinen nur in Spuren vorhanden sind, namentlich Arsen, Antimon und die schweren Metalle.

Die chemische Analyse.

Bei der Untersuchung der verschiedenen Wasser wurde im Allgemeinen Rücksicht genommen auf alle jene Bestandtheile, welche in den von denselben durchsickerten Gesteinen vorhanden sind; ausserdem wurde noch Temperatur, Menge, Klarheit, Färbung, Geruch, Geschmack und Reaction des zu untersuchenden Wassers festgestellt.

Dem Gange der Analyse wurden die Untersuchungsmethoden zu Grunde gelegt, welche sich in den Arbeiten von *Fresenius*,

Classen, Kubel-Tiemann, Bunsen u. A. [1]) über Wasseruntersuchungen vorfinden. Dabei wurde immer jener Methode der Vorzug gegeben, welche bei Einfachheit der Manipulationen die genauesten Werthe ergibt.

Reagentien.

Auf die Reinheit der Reagentien wurde mit grösster Sorgfalt geachtet. Die zur Untersuchung angewendeten Lösungen wurden genau nach Vorschrift von *Tiemann* hergestellt und auf ihre Reinheit geprüft. Der Darstellung der titrirten Lösungen, sowie den nöthigen Vorsichtsmassregeln bei Aufbewahrung derselben wurde ebenfalls das Werkchen *Tiemann*'s neben den analytischen Lehrbüchern von *Fresenius* und *Classen* und Arbeiten Anderer zu Grunde gelegt.

Gang der Untersuchung.

Der Gang der Untersuchung gliedert sich in zwei Abtheilungen: in Arbeiten an der Quelle und Arbeiten im Laboratorium. An der Quelle wurden bestimmt: Genaue geologische Herkunft der Quelle, Temperatur der Luft und des Wassers, Reaction des Wassers gegen Lackmus-, Curcuma-, Blei- und Jodkaliumstärke-Papier, Geruch und Geschmack, sowie Farbe und womöglich die in der Minute gelieferte Menge des Wassers; dem schloss sich die Bestimmung der Gesammtkohlensäure durch Fällung an.

Alle anderen Bestimmungen wurden im Laboratorium des mineralogisch-geologischen Instituts der Universität Würzburg ausgeführt und zwar die Untersuchung auf Ammoniak, salpetrige und Salpeter-Säure und organische Substanzen sofort nach Einbringung des Wassers ins Laboratorium.

Bestimmung der Temperatur.

Dieselbe wurde mit einem in Zehntelgrade getheilten und nach einem Normalthermometer des physikalischen Instituts der

[1]) *Fresenius*: Quantitative Analyse. II Bd. S. 153 ff.
Classen: Quantitative Analyse. S. 211 u. ff.
Kubel-Tiemann: Anleitung zur Untersuchung v. Wasser. 2. Aufl. 1874.
List: Periodische Untersuchungen über Wasser. Studien z. Statistik der Wasser. Heidelberg 1873.
Langhans: Die Wasser Fürths. Fürth 1870.
Vereinbarungen betreffs der Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln. Berlin 1885.

Universität corrigirten Thermometer ausgeführt und zwar so, dass die Temperatur der Luft 1 m über dem Erdboden und die des Wassers in möglichst grosser Tiefe, womöglich direkt beim Zutagetreten der Quelle, gemessen wurde. Bei Pumpbrunnen wurde zunächst eine grosse Menge Wasser ausgepumpt, um den Einfluss der Brunnenröhren zu beseitigen; erst dann wurden mehrere Bestimmungen ausgeführt und aus diesen das Mittel genommen.

Bestimmung der Gesammt-Kohlensäure.

Zur Bestimmung der Gesammt-Kohlensäure wurden genau tarirte Flaschen mit 250 ccm des zu untersuchenden Wassers, möglichst aus der Tiefe, gefüllt und mit einer Lösung von Chlorbaryum, der 10 Theile Ammoniak zugesetzt waren, gefällt. Die Flaschen wurden beinahe bis zum Rande angefüllt, gut verkorkt und zur weiteren Untersuchung ins Laboratorium verbracht. Nachdem der Niederschlag durch längeres Stehen krystallinisch geworden war, wurde derselbe filtrirt und die Kohlensäure durch Zersetzung mit Salzsäure ausgetrieben und durch die Gewichtszunahme einer gewogenen, mit Natronkalk gefüllten Röhre bestimmt. (Der hiezu verwendete Apparat wurde von *Kolbe* vorgeschlagen und von *Fresenius* wesentlich modificirt; er findet sich beschrieben und abgebildet in der Quantitativen Analyse v. *Classen* S. 20). Die festgebundene Kohlensäure wurde mit dem gleichen Apparate bestimmt und zwar so, dass 500—1000 ccm oder mehr bis beinahe zur Trockene verdampft, der Rückstand mittelst Salzsäure zersetzt und die ausgetriebene Kohlensäure wie oben gewogen wurde.

Bestimmung der organischen Substanzen.

Zur Bestimmung der organischen Substanzen existirt eine ganze Reihe von Methoden, von denen die am häufigsten angewendeten wohl die von *Kubel* und *Schulze* sind. Beide beruhen auf der Oxydirbarkeit der organischen Substanzen durch Kaliumpermanganat; nur wendet *Kubel* saure Lösung an, während *Schulze* die Bestimmung der organischen Stoffe in alkalischer Lösung vornimmt. Beide Methoden wurden von mir angewendet, indem ich eine Prüfung nach der von *Kubel* angegebenen Weise, die Controll-Bestimmung dagegen nach *Schulze* ausführte.

Als Titrirflüssigkeiten dienten Chamäleon-Lösung, welche 0,32—0,34 g krystallisirtes Kaliumpermanganat auf das Liter und Oxalsäurelösung, welche 0,63 g Oxalsäure im Liter gelöst enthielt. Der Herstellung der Titrirflüssigkeiten und der Aus-

führung der Versuche ward die grösste Sorgfalt gewidmet und vor Ausführung einer jeden neuen Bestimmung wurden die Titres der Normallösungen nach bekannten Methoden auf ihre Richtigkeit geprüft. Bei der Bestimmung selbst wurden 100 ccm des zu prüfenden Wassers mit 5 ccm verd. Schwefelsäure (1 : 3) versetzt und zum Kochen erhitzt. Nach einigem Kochen wurden aus einer Tropfbürette 3—4 ccm Normal-Chamäleonlösung zugefügt und das Kochen noch etwa 5 Minuten fortgesetzt, worauf nach Entfernen von der Lampe 10 ccm $^1/_{100}$ Normal-Oxalsäure hinzugefügt wurden. Der Ueberschuss der Oxalsäure wurde mit Chamäleon-Lösung bis zur bleibenden Röthe zurücktitrirt. Bei der Methode von *Schulze* wurde die Oxydation des Wassers so bewerkstelligt, dass man anstatt der Schwefelsäure $^1/_2$ ccm Natronlauge (1 Thl. NaOH in 2 Thl. H_2O) zu den 100 ccm des zu untersuchenden Wassers gab und die Schwefelsäure zusetzte, bevor man zurücktitrirte.

Die Berechnung bei beiden Methoden ergibt sich wie folgt: 10 ccm der Normal-Oxalsäurelösung enthalten 0,0063 g Oxalsäure ($C_2H_2O_4 + 2\,H_2O$) und diese entsprechen 0,0031 g Kaliumpermanganat oder 0,0008 g Sauerstoff, welche zur Oxydation verbraucht werden. Der Mehrverbrauch von Chamäleonlösung, als zur Oxydation der 10 ccm Oxalsäure erforderlich ist, ergibt die Menge von Kaliumpermanganat, welche die organischen Substanzen des Wassers zersetzt haben. Bezeichnet x die Anzahl ccm, welche 10 cc Oxalsäure entsprechen, y die durch die org. Substanz des Wassers zersetzten ccm Chamäleonlösung, so ergibt sich der Sauerstoff, welcher nöthig ist, um die organischen Substanzen in 1 Liter Wasser zu oxydiren, durch folgende Gleichung:

$$O = \frac{0{,}008.\ y}{x}.$$

Bestimmung des Ammoniaks.

Von den drei üblichen Methoden von *Frankland* und *Armstrong*, von *Fleck* und von *Miller* [1]) benützte ich die erstere. Die Bestimmung des Ammoniaks ist nach dieser eine colorimetrische, d. h. man ermittelt den Gehalt an NH_3 oder seinen Verbindungen durch die verschiedenen Intensitäten der Färbung, welche hervorgerufen wird durch Hinzufügen einer titrirten Kaliumquecksilberjodid-Lösung (*Nessler*'s Reagens) und Vergleichung der erhaltenen Farbennüancen mit solchen von Lösungen mit bekanntem

[1]) *Kubel-Tiemann*: Anleitung z. Unters. v. Wasser. 1874. S. 83 ff.

Ammoniakgehalt. — Es ist aber zu beachten, dass sämmtliche durch die alkalische *Nessler*'sche Lösung fällbaren Verbindungen (Eisen, Kalk, Magnesia u. s. w.) zu entfernen sind. Dies wird dadurch erreicht, dass man 300 ccm des zu untersuchenden Wassers in gut verschlossener Flasche zuerst mit 2 ccm Na_2CO_3 und 1 ccm NaOH behandelt. Je nach Gehalt an NH_3 werden von der über dem Niederschlag befindlichen klaren Flüssigkeit 50—100 ccm mit 1 ccm Kaliumquecksilberjodid-Lösung versetzt; zum Vergleich hat man zuvor 4—5 gleich hohe und weite Cylinder mit 0,2—2 ccm einer Chlorammonium-Lösung von bekanntem Gehalt (1 ccm = 0,00005 g NH_3) und 100 ccm destillirten Wassers gefüllt und mit der gleichen Menge Kaliumquecksilberjodid versetzt.

Bestimmung der salpetrigen Säure.

Auch zur Bestimmung der salpetrigen Säure wurde eine vergleichend colorimetrische Methode und zwar die von *Trommsdorf* benützt. Versetzt man die Lösung eines Nitrits mit Jodkalium-Stärke-Lösung und verd. Schwefelsäure, so entsteht die blaue Farbe der Jodstärke ($N_2O_3 + 2\,HJ = 2\,J + H_2O + 2\,NO$), welche je nach der Menge der vorhandenen salpetrigen Säure unter gleichen Bedingungen mehr oder weniger intensiv erscheint. Zum Vergleich wurde eine Lösung von Kaliumnitrit verwendet, von welcher 1 ccm = 0,00001 N_2O_3 entsprach. Da die Kaliumjodid-Lösung sich nur kurze Zeit unzersetzt aufbewahren lässt, so benützt man eine Zinkjodid-Stärke-Lösung, bezüglich deren Herstellung ich auf die schon angeführten Handbücher von *Fresenius*, *Classsen* u. A. verweisen möchte, da sie zu umständlich ist, um hier beschrieben werden zu können.

Zur Ausführung der Bestimmung wurden 4—6 gleich hohe (18—20 cm) und gleich weite ($2^1/_2$ cm) Cylinder mit 100 ccm destillirten Wassers gefüllt und 0,5—5 ccm der Kaliumnitritlösung und 1 ccm verd. Schwefelsäure nebst 3 ccm der Zinkjodidstärke-Lösung hinzugefügt. Die so erhaltenen Farbentöne dienten zum Vergleich mit demjenigen, den man erhielt, wenn man (je nach Gehalt) 50—100 ccm des zu untersuchenden Wassers in gleichgrossem Cylinder genau so behandelte.

Zu bemerken ist, dass bei der Bestimmung der organischen Substanzen für jeden Theil salpetriger Säure in 100000 Theilen Wasser 1,66 Theile Kaliumpermanganat abzuziehen sind, da dieselbe auch zersetzend auf Chamäleon einwirkt.

Bestimmung der Salpetersäure.

Zur Bestimmung der Salpetersäure benützte ich die Methode, welche sich auf die Oxydation der Indigodischwefelsäure und dadurch hervorgerufene Entfärbung derselben durch die im Wasser vorhandene Salpetersäure gründet. Diese ursprünglich von *Trommsdorf*[1]) vorgeschlagene, neuerdings von Dr. *Mayerhofer*[2]) verbesserte Methode liefert, namentlich bei einiger Uebung, ganz gute Resultate und hat den Vorzug, rasch und öfters ausgeführt werden zu können.

Die Titration selbst wird in kleinen Glaskölbchen von 25—30 ccm Inhalt in der Weise vorgenommen, dass man zu 5 ccm des zu untersuchenden Wassers rasch 5 ccm concentrirter Schwefelsäure und aus einer Gay-Lussac-Bürette solange titrirte Indigolösung (5 ccm ungefähr 0,006 NO_3H im Liter) hinzufügt, bis eine einige Zeit bleibende grüne Färbung der Flüssigkeit eintritt. Es ist nöthig, den Versuch des Oefteren zu wiederholen, um Fehlerquellen zu vermeiden. Mit einiger Uebung und unter Zugrundelegung der von Dr. *Mayerhofer*[3]) bearbeiteten graphischen Darstellung erhält man sehr genaue Resultate, wovon ich mich durch Ausführung von Controll-Bestimmungen nach der Methode von *Schulze*[4]) bei einigen Wassern überzeugen konnte.

Bestimmung des Gesammt-Rückstandes.

500 oder 1000 ccm Wasser wurden in einer gewogenen Platinschale auf dem Wasserbade bis zur Trockene verdampft und bei 100° bis zum constanten Gewicht getrocknet.

Bestimmung der Kieselsäure, des Eisenoxyduls, des Kalks und der Magnesia.

1000 oder 2000 ccm Wasser wurden unter Zusatz von verd. HCl auf dem Wasserbade bis zur staubigen Trockene verdampft, wieder gelöst und nochmals verdampft, so dass sich die Kieselsäure pulverig ausschied. Letztere wurde filtrirt, gewaschen und zuerst über der *Bunsen*'schen Lampe, hierauf über dem Gebläse

---

[1]) Zeitschr. f. analyt. Chem. 1870. S. 171.

[2]) Die Indigomethode. Vereinbarungen betr. d. Untersuch. u. Beurtheil. von Nahrungs- u. Genussmitteln. Herausgeg. von Prof. *Hilger*. 1885. S. 248. ff.

[3]) A. a. O. S. 248 u. 249.

[4]) *Tiemann-Kubel*: Anleitung z. Trinkwasser-Untersuchung. S. 54 ff.

geglüht [1]) und gewogen. Das Filtrat wurde zur Bestimmung des Eisens mit HNO_3 oxydirt und mit Ammoniak und Chlorammonium gefällt. Hiebei ist ein Ueberschuss von NH_3 zu vermeiden. Der so erhaltene Niederschlag wurde nach dem Auswaschen von Neuem gelöst und gefällt; dies ist nöthig, um die Spuren von eventuell mitgefälltem Kalk zu entfernen. Das Filtrat der nochmaligen Fällung wird zu dem der ersten gegeben.

Nachdem der Eisenniederschlag gewogen war, wurde derselbe auf Mangan, Phosphorsäure und Kieselsäure geprüft und, wenn solche genügend vorhanden waren, dieselben bestimmt.

In der vom Eisenoxydhydrat abfiltrirten Flüssigkeit wurde der Kalk mittelst oxalsauren Ammons gefällt und auf dem Wasserbade erwärmt, bis er körnig geworden war, und abfiltrirt. Nach dem Trocknen wurde der Niederschlag durch Glühen vor dem Gebläse in CaO übergeführt und als solches gewogen.

Das Filtrat vom Kalkniederschlag wurde zur Bestimmung der Magnesia mit phosphorsaurem Ammon und Ammoniak versetzt und 24 Stunden stehen gelassen; der entstandene krystallinische Niederschlag wurde aufs Filter verbracht, mit ammoniakhaltigem Wasser gewaschen, getrocknet und unter bekannten Vorsichtsmassregeln verascht und gewogen.

Bestimmung der Alkalien.

1000—5000 oder mehr Cubikcentimeter Wasser wurden bis beinahe zur Trockene verdampft, filtrirt und mit Barytwasser versetzt. Das hievon erhaltene Filtrat wurde zur Entfernung des Baryts mit kohlensaurem Ammon behandelt; hiebei ist aber ein grosser Ueberschuss des letzteren zu vermeiden. Nach dem Filtriren wurde die klare Flüssigkeit in der Platinschale zur Trockene verdampft und die Ammonsalze abgeraucht. Durch mehrmaliges Glühen bis zur Schmelzung der kohlensauren Alkalien und erneutes Lösen und Filtriren gelang es, dieselben rein zu erhalten. Nach Ueberführen in die Chloride wurden die Alkalien als solche gewogen und in der Lösung derselben das Kalium als Kaliumplatinchlorid abgeschieden und auf einem bei 100° gewogenen Filter bestimmt. Das Filtrat hievon wurde mittelst nascirenden Wasserstoffs reducirt, um das Platin abzuscheiden, und auf Magnesia geprüft.

[1]) Das Glühen über dem Gebläse ist nöthig, da die Kieselsäure sonst immer noch Wasser zurückhält und mit dem Steigen des Wassergehalts auch um so hygroscopischer wird.

Die Prüfung ergab meist keine oder nur ausserordentlich geringe Spuren von Magnesia.

Bestimmung der Schwefelsäure.

Dieselbe wurde stets gewichtsanalytisch bestimmt, indem 200 ccm oder mehr Wasser mit HCl angesäuert, durch Chlorbaryum in der Siedhitze gefällt und die Schwefelsäure als Baryumsulfat gewogen wurde.

Bestimmung des Chlors.

Zur Bestimmung des Chlors wählte ich die gute Resultate liefernde, dabei aber ausserordentlich rasche und einfache Methode der volumetrischen Bestimmung mittelst titrirter Höllenstein-Lösung. 50—200 ccm wurden mit 3 Tropfen Kaliumchromat-Lösung (Indicator) versetzt und mit einer Silberlösung, von der 1 ccm = 0,00355 g Cl entsprach, bis zum Eintreten der rothen Färbung titrirt. Bei einigen Wassern wurde zur Controlle das Chlor ausserdem auch noch gewichtsanalytisch bestimmt.

Die Wägung.

Die Wägungen, welche im Verlaufe dieser Arbeit vorgenommen wurden, sind alle Schwingungswägungen [1]). Ich wählte diese Methode der Wägung, weil sie genauere Zahlen und Unabhängigkeit von den Nullpunkts-Veränderungen der Waage gewährt.

Eine liebe und angenehme Pflicht ist es mir, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. *F. von Sandberger*, in dessen Laboratorium und unter dessen Leitung ich vorstehende Arbeit ausführte, für die mir jederzeit in so reichem Maasse gewährte Unterstützung durch Rath und That meinen tiefgefühltesten und wärmsten Dank auszusprechen.

Auch Herrn Regierungs- und Kreis-Medizinal-Rath Dr. *G. Schmitt*, sowie den Herren Professoren Dr. *A. Hilger* und Dr. *A. J. Kunkel*, sowie Herrn Dr. *E. List* bin ich für das warme Interesse und die Unterstützung, welche genannte Herrn der Arbeit zu Theil werden liessen, zu grossem Danke verpflichtet.

[1]) Ausführliches in *Kohlrausch*'s Leitfaden der prakt. Physik. S. 25 ff.